

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA**

**CLAYTOR VIEIRA DA SILVA**

**UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE A ELABORAÇÃO E A UTILIZAÇÃO DE  
UM MATERIAL INSTRUCIONAL BASEADO NA TEORIA DA  
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA PARA O ESTUDO DE UM TÓPICO  
DE MECÂNICA NO CONTEXTO RURAL**

VITÓRIA  
2014

**CLAYTOR VIEIRA DA SILVA**

**UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE A ELABORAÇÃO E A UTILIZAÇÃO DE  
UM MATERIAL INSTRUCIONAL BASEADO NA TEORIA DA  
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA PARA O ESTUDO DE UM TÓPICO  
DE MECÂNICA NO CONTEXTO RURAL**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Ensino de Física da  
Universidade federal do Espírito Santo,  
como requisito parcial para obtenção do  
título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Giuseppe Gava Camiletti

VITÓRIA

2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

S586i Silva, Claytor Vieira da, 1984-  
Uma investigação sobre a elaboração e a utilização de um material instrucional baseado na teoria da Aprendizagem Significativa para o estudo de um tópico de Mecânica no contexto rural / Claytor Vieira da Silva. – 2014.  
155 f. : il.

Orientador: Giuseppe Gava Camiletti.  
Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Força (Mecânica) - Conservação de energia. 3. Aprendizagem. 4. Educação rural. 5. Mapas conceituais. 6. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). I. Camiletti, Giuseppe Gava, 1976-. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Exatas. III. Título.

CDU: 53

---



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

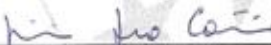
Claytor Vieira da Silva

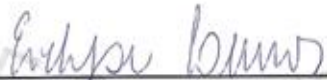
**UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE A ELABORAÇÃO E A UTILIZAÇÃO DE  
UM MATERIAL INSTRUCIONAL BASEADO NA TEORIA DA  
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA PARA O ESTUDO DE UM TÓPICO  
DE MECÂNICA NO CONTEXTO RURAL**

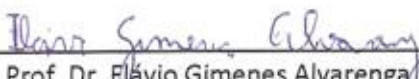
Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado  
em Ensino de Física da Universidade Federal do  
Espírito Santo como requisito parcial para a  
obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 29 de Julho de 2014.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

  
Prof. Dr. Giuseppe Gava Camiletti  
Universidade Federal do Espírito Santo

  
Profa. Dra. Evelyse dos Santos Lemos  
Instituto Osvaldo Cruz/FIOCRUZ

  
Prof. Dr. Flávio Gimenes Alvarenga  
Universidade Federal do Espírito Santo

A minha mãe, que me ensinou os valores  
da vida e me conduz pelo caminho reto!

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a minha mãe, Nilza Pereira da Silva pelo apoio em todos os sentidos.

A minha irmã, Angela Maria Pereira Silva, pela ajuda na escolha do pré-projeto, ajudando-me a perceber a necessidade de buscar um ensino com mais significado para meus alunos.

A minha noiva, Adrilene Maria Thomaz, pelo apoio moral e afetivo para o desenvolvimento desse trabalho.

Aos familiares que contribuíram para o meu desenvolvimento profissional.

Ao talentoso artista plástico, e amigo, Jonathan Teodoro Holz pelas imagens produzidas para o Material Instrucional.

Aos alunos e funcionários da escola EEEFM Guilhermina Hulda Kruger Reinholz, por participarem ativamente da aplicação do Material Instrucional, em todas suas etapas.

Aos professores do PPGEEnFis, por promoverem a discussão e a pesquisa em ensino-aprendizagem, ajudando a modificar a prática em sala de aula, direta ou indiretamente, dos professores de física do Espírito Santo.

À equipe do Laboratório de Estatística (LeSTAT), do Departamento de Estatística da UFES, em especial à professora Eliana Zandonade pela ajuda prestada no tratamento estatístico das questões do Material.

À professora Clara Bremenkamp Herzog, pelo auxílio na elaboração do Abstract.

Em especial, agradeço a meu orientador, Giuseppe Gava Camiletti, por toda ajuda prestada e ao amigo Diego Motta Libardi, companheiro de reflexões diversas no desenvolvimento desse trabalho.

A todos que não foram citados aqui, mas direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

“Não são as perdas e nem as quedas  
que podem fracassar nossas vidas,  
senão a falta de coragem para  
levantar e seguir adiante”

Samael Aun Weor

## RESUMO

O presente trabalho relata a elaboração, aplicação e avaliação dos impactos de um Material Instrucional, abordando o princípio da conservação da energia mecânica, utilizando elementos do contexto da zona rural. O estudo foi realizado com uma turma de 21 alunos do 2º ano do Ensino Médio, de uma escola estadual localizada na zona rural do Estado do Espírito Santo. O Material Instrucional baseou-se nos pressupostos da Aprendizagem Significativa de Ausubel e nas orientações para elaboração de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas de Moreira. A premissa básica da teoria Ausubeliana é que a aprendizagem significativa só ocorre quando a nova informação encontra fundamento na estrutura cognitiva do aprendiz, sendo necessário descobrir o que o aluno já sabe e basear nisso os ensinamentos. Os instrumentos de coleta de dados foram Mapas Conceituais, Avaliações de conteúdo, Questões presentes ao longo do Material Instrucional, Questionário de opinião dos alunos, e o Diário de Bordo do professor/mestrando. A análise dos dados teve enfoque qualitativo. Os resultados dos Mapas Conceituais progressivos mostraram melhorias na sua hierarquia conceitual, qualidade e nos critérios quantitativos considerados. Os resultados das Avaliações sugerem que os alunos demonstraram domínio dos conceitos de trabalho e energia, mas apresentaram dificuldade no princípio de conservação da energia. As atividades de responder e discutir as Questões contidas no Material Instrucional foram capazes de proporcionar momentos de interação social e negociação de significados. A opinião dos estudantes e o diário de bordo do professor/mestrando mostram que a inserção de elementos do cotidiano da zona rural foi bem aceita e considerada relevante para o processo de ensino/aprendizagem dos conceitos abordados. Estes resultados são indicativos de um Material Instrucional potencialmente significativo para promover a Aprendizagem Significativa do Princípio da Conservação da Energia Mecânica, para alunos do Ensino Médio provenientes da zona rural.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa, Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS, Mapa Conceitual, Contexto da Zona Rural, Princípio da Conservação da Energia Mecânica.



## **ABSTRACT**

The main objectives of this paper were to elaborate, implement and evaluate the impact of an instructional material, addressing the principle of conservation of mechanical energy, using elements from a rural zone context. The study was conducted in a class of 21 students from the 2<sup>nd</sup> grade of High School, in a public school located in the countryside of the state of Espírito Santo. The instructional material was based on assumptions of Meaningful Learning of Ausubel and on guidelines for preparation of Potentially Meaningful Teaching Units of Moreira. The basic premise of Ausubel's theory is that meaningful learning only occurs when new information is the basis of the cognitive structure of the learner. It is necessary to find out what students already know and focus teaching on it, starting from the most general and inclusive concepts to more specific ones. The Progressive Concept Maps show positive results. Reviews Content Issues presented along the Instructional Material Questionnaire students' opinions as well as the Diary teacher / graduate student. The approach of data analysis was qualitative. The results of concept maps showed great improvements in their conceptual hierarchy, quality and quantitative criteria considered. The results of the evaluations suggest that students demonstrate mastery of the concepts of work and energy, but had difficulty in principles of conservation of energy. Activities to respond and discuss the issues contained in the instructional material were able to provide moments of social interaction and negotiation of meaning. The opinion of the students and the logbook teacher / graduate student show that the insertion of elements of daily life in the countryside was well accepted and considered relevant to the teaching / learning of the concepts covered. These results are from an Instructional Material which is potentially significant to promote Meaningful Learning of the Principle of Conservation of Mechanical Energy for High School students.

**Keywords:** Meaningful Learning, Potentially Meaningful Teaching Units - PMTU, Concept Map, Context of Rural Zone, Principle of Conservation of Mechanical Energy.

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 4 - Análise de Dados

Tabela 4.1	Classificação dos MC's desenvolvidos pelos estudantes, de acordo com os critérios propostos por Mendonça .....	45
Tabela 4.2	Classificação dos MC's iniciais e finais, desenvolvidos pelos estudantes antes e depois da instrução, em relação aos Critérios Quantitativos .....	47
Tabela 4.3	Número e percentual de MC's desenvolvidos pelos estudantes antes e depois da instrução classificados quanto à hierarquia conceitual (HC) .....	50
Tabela 4.4	Número (percentual) de MC's desenvolvidos pelos estudantes antes e depois da instrução classificados quanto à qualidade dos Mapas (QM) .....	50
Tabela 4.5	Conceitos presentes nos MC's, relacionados a grandezas físicas .....	53
Tabela 4.6	Conceitos presentes nos MC's, relacionados a fenômenos físicos .....	53
Tabela 4.7	Conceitos presentes nos MC's, relacionados com utilização de energia .....	54
Tabela 4.8	Conceitos presentes nos MC's, relacionados a geração de energia ...	54
Tabela 4.9	Conceitos presentes nos MC's classificados como outros .....	55
Tabela 4.10	Quantidade (percentual) de termos utilizados, de acordo com cada categoria .....	56
Tabela 4.11	Médias dos alunos e da turma nas três avaliações e média geral ...	58
Tabela 4.12	Respostas dos alunos à quarta questão da primeira avaliação .....	61
Tabela 4.13	Resultado para cada questão da 3ª avaliação .....	63
Tabela 4.14	Quantidade (percentual) de respostas Corretas, PC, Incorretas, em Branco e nota da 3ª Avaliação de cada aluno .....	68
Tabela 4.15	Média das respostas às questões contidas no MI, dividida por partes. ....	69
Tabela 4.16	Total de respostas corrigidas e não corrigidas .....	70
Tabela 4.17	p-valor (Mann Whitney) encontrado em cada grupo de médias da terceira avaliação, relacionadas com a quantidade de respostas Corretas e Incorretas para cada questão do MI .....	71
Tabela 4.18	Questionário de opinião com o número de marcações para cada opção. ....	74
Tabela 4.19	Resumo do Questionário de opinião com as médias de cada Recurso Instrucional .....	79
Tabela 4.20	Críticas e elogios registrados na questão 09 do questionário de opinião .....	80

## LISTA DE QUADROS

### CAPÍTULO 3 – Metodologia

Quadro 3.1	<i>Plano de Ensino</i> .....	31
------------	------------------------------	----

### CAPÍTULO 4 - Análise de Dados

Quadro 4.1	<i>Categorias de análise da Hierarquia Conceitual, estabelecidas por Mendonça (2012)</i> .....	44
Quadro 4.2	<i>Categorias de Análise da Qualidade do MC, estabelecidas por Mendonça (2012)</i> .....	44
Quadro 4.3	<i>Definição dos critérios quantitativos utilizados para classificação dos MC's</i> .....	45
Quadro 4.4	<i>Categorias utilizadas na classificação das palavras utilizadas nos MC's...</i>	52
Quadro 4.5	<i>Palavras utilizadas para substituir conjunto de palavras com significados semelhantes</i> .....	52
Quadro 4.6	<i>Exemplo de questão com espaço para correção da resposta inicial</i> .....	66
Quadro 4.7	<i>Categorias de análise das respostas dadas pelos alunos no MI</i> .....	67

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 3 – Metodologia

Figura 3.1	<i>Roda d'água do quitungo</i> .....	30
Figura 3.2	<i>Exemplos de imagens utilizadas no MI</i> .....	33

### CAPÍTULO 4 – Análise de Dados

Figura 4.1	<i>MC inicial do aluno A20</i> .....	49
Figura 4.2	<i>MC final do aluno A20</i> .....	49

## LISTA DE GRÁFICOS

### CAPÍTULO 4 - Análise de Dados

Gráfico 4.1	Quantidade (percentual) de termos utilizados, de acordo com cada categoria .....	56
Gráfico 4.2	Resumo do Questionário de opinião com as médias de cada Recurso Instrucional .....	79

# SUMÁRIO

**Resumo**

**Abstract**

<b>1 - Introdução</b>	13
1.1 - O Contexto do Estudo	13
1.2 - A Organização da Dissertação	16
<b>2 - Referencial Teórico</b>	18
2.1 - Aprendizagem Significativa de Ausubel	18
2.2 – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa	23
<b>3 - Metodologia</b>	26
3.1 - Objetivos	27
3.2 - Amostragem	28
3.3 - Descrição do Material Instrucional	28
3.4 - O Contexto da Aplicação do Material Instrucional	34
3.5 - Instrumentos de Coleta e Análise de Dados	37
3.5.1 - Mapas Conceituais	37
3.5.2 - Respostas das Questões	38
3.5.3 - Desempenho nas Avaliações	39
3.5.4 - Questionário de Opinião	40
3.5.5 - Diário de Bordo	40
<b>4 - Análise de Dados</b>	42
4.1 - Análise Qualitativa dos Mapas Conceituais	43
4.2 - Análise dos Conceitos Presentes nos Mapas Conceituais	51
4.3 - Análise das Avaliações	57
4.4 - Análise das Respostas Contidas no Material Instrucional	66
4.5 - Análise dos Questionários de Opinião	74
4.6 - Análise do Diário de Bordo	82
<b>5 - Conclusão</b>	86
<b>6 - Referências</b>	93
<b>7 - Produto da Dissertação: Material Instrucional – Publicação Anexa</b>	
<b>Conservação da Energia Mecânica</b>	

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

#### 1.1 - O Contexto do Estudo<sup>1</sup>

No Brasil, o ensino de física ocorre no período escolar conhecido como Ensino Médio. De acordo com a Lei de Diretrizes e Bases (LDB), de 20 de dezembro de 1996, o Ensino Médio é parte da chamada Educação Básica, que tem como objetivo “desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores”.

Em nossa sociedade atual, o aprendizado das leis e fenômenos físicos “constitui um complemento indispensável à formação cultural do homem moderno, não só em virtude do grande desenvolvimento científico e tecnológico [...], como também porque o mundo da física nos rodeia por completo (ALVARENGA & MÁXIMO, 2008, p. 3)”. De fato, o conhecimento físico permeia o dia a dia do ser humano. Seja na queda da folha de uma árvore, no movimento do ônibus, carros, no funcionamento de televisores e telefones, é possível observar leis físicas e o conhecimento que o homem adquiriu através dos séculos e séculos de pesquisas.

Paradoxalmente, a experiência em sala de aula demonstra que a física é muitas vezes vista pelos alunos como uma disciplina sem aplicabilidade, ou seja, muitos alunos acreditam que nunca poderão utilizar o que aprendem em sala de aula. Como explicar tal situação? Se a física é uma ciência que busca entender e explicar os fenômenos que se encontram ao nosso redor, porque muitos alunos terminam o

---

<sup>1</sup> Este trabalho foi desenvolvido concomitante ao trabalho do também mestrando deste programa de pós-graduação, Diego Motta Libardi (LIBARDI, 2014), sob a orientação do mesmo orientador. Portanto, o referencial teórico e algumas técnicas e procedimentos de análise de dados foram compartilhadas nos dois trabalhos.

Ensino Médio com a idéia de que jamais utilizarão o que “aprenderam”? De alguma forma, estes aprendizes parecem sentir dificuldade em relacionar o que aprendem em sala de aula com o que ocorre em seu dia a dia.

O Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA) é um programa internacional e de livre adesão por parte dos países, que ocorre a cada três anos, e tem por objeto produzir indicadores que contribuam para a discussão da qualidade da educação nos países participantes, de modo a subsidiar políticas de melhoria do ensino básico. No ano 2012, 65 países participaram e o Brasil ficou no nada honroso 59º lugar, revelando que os alunos que fizeram a prova tem conhecimento científico muito limitado e só conseguem elaborar explicações científicas óbvias ou seguidas de informações já evidenciadas.

Um panorama local pode ser vislumbrado pelos resultados do Programa de Avaliação da Educação Básica do Espírito Santo (PAEBES), que foi instituído pela Secretaria de Educação do Estado do Espírito Santo – SEDU-ES – no ano 2000, com o objetivo de avaliar, de modo permanente e contínuo, o sistema de ensino. Esse programa visa diagnosticar o desempenho dos alunos em diferentes áreas do conhecimento e níveis de escolaridade, bem como subsidiar a implementação, a reformulação e o monitoramento de políticas educacionais, contribuindo, dessa forma, para a melhoria da qualidade da educação no Estado. Desde que foi instituído, o PAEBES avaliou diferentes anos/séries dos ensinos Fundamental e Médio em disciplinas como Língua Portuguesa, Matemática, Física, Química e Biologia. É possível encontrar maiores informações sobre o programa no endereço: <<http://www.paebes.caedufjf.net/>>.

No ano de 2011, a Física foi uma das disciplinas avaliadas por este Programa, com alunos do terceiro ano do Ensino Médio. O resultado indica que mais da metade dos alunos das escolas estaduais se encontram na classificação “abaixo do básico”, de acordo com as matrizes de referência do programa. Uma das possíveis causas desse resultado é o próprio processo de ensino-aprendizagem praticado na sala de aula.

De acordo com Moreira (2011b), na maior parte das escolas do país predomina a forma clássica de ensinar e aprender.

Na escola, seja ela fundamental, média ou superior, os professores apresentam aos alunos conhecimentos que eles supostamente devem

saber. Os alunos copiam tais conhecimentos como se fossem informações a serem memorizadas, reproduzidas nas avaliações e esquecidas logo após. Esta é a forma clássica de ensinar e aprender, baseada na narrativa do professor e na aprendizagem mecânica do aluno (MOREIRA, 2011b, p 2).

Nesse caso, o novo conhecimento é armazenado de maneira arbitrária na estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, há pouca interação entre a nova informação e aquela já armazenada, dificultando, assim, o processo de retenção (MOREIRA, 2008). Esse processo pode ser um dos responsáveis pelos alunos acharem, em muitos casos, que nunca aplicarão em suas vidas o conhecimento físico estudado. De fato, quando a aprendizagem é predominantemente mecânica, carece de significado real e prático, além de se relacionar pouco com outros conhecimentos, caindo muitas vezes no esquecimento.

Esse quadro se torna ainda mais preocupante quando se refere a alunos provenientes de áreas rurais, visto que raramente as aulas utilizam situações vividas nestas regiões no contexto de sala de aula. Moreira (1999, p.162) argumenta que é necessário que se ensine “utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa”. Assim, utilizar exemplos em sala que tenham conexões com o cotidiano dos estudantes, por exemplo, pode ser um diferencial para despertar a curiosidade e o interesse dos alunos.

Neste sentido, Ausubel *et al* (1980) realizou um estudo onde a atenção estava constantemente voltada para a aprendizagem tal como ela ocorre na sala de aula no dia a dia da grande maioria das escolas. O resultado foi a proposição de uma teoria argumentando que deve-se criar condições em sala de aula para que a aprendizagem dos alunos seja significativa.

Para Ausubel, aprender com significado exige que o novo conhecimento interaja com algum conceito especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Do contrário, esse conhecimento se estabeleceria, porém de forma aleatória, não se ligando aos locais apropriados. Quando ocorre a aprendizagem significativa, a nova informação adquire significado para o sujeito e o conceito pré-existente se modifica, tornando-se mais elaborados ou com maior estabilidade cognitiva, “[...] podendo cada vez mais facilitar novas aprendizagens (MOREIRA, 2012 p. 3)”. Assim, buscar que um conhecimento seja aprendido de forma

significativa implica não só no aprendizado desse conhecimento em si, mas também pode facilitar o aprendizado de novos conceitos.

Para o autor (ibid.), cabe ao professor identificar o que o aluno já sabe e ensinar fundamentado nisso. Entretanto, é “uma ilusão pensar que uma boa explicação, uma aula “bem dada” e um aluno “aplicado” são condições suficientes para uma aprendizagem significativa (MOREIRA, 2012, p.13)”. É o domínio de situações problemas, em nível crescente de complexidade que darão sentido aos conceitos. Isso ocorre dentro de uma dialética entre conceitos e situações e envolve uma negociação de significados entre docente e discente.

Com a intenção de contribuir para a ocorrência de Aprendizagem Significativa, Moreira (2011b) propõe a construção de *Unidades de Ensino Potencialmente Significativas* (UEPS). As UEPS são sequências didáticas que visam à promoção da Aprendizagem Significativa por meio de passos estabelecidos pelo autor, fundamentados na Teoria de Aprendizagem Significativa. Essas sequências centralizam o aluno no processo de ensino-aprendizagem e devem utilizar diferentes recursos no desenvolvimento da unidade de ensino, privilegiando o questionamento ao invés de respostas prontas.

Assim, como o professor/mestrando leciona em escolas da zona rural e busca a melhoria de sua prática docente, em especial para o aluno do campo, optou-se pela utilização da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel para fundamentar o desenvolvimento de um Material Instrucional para o estudo do princípio de conservação da energia mecânica, baseado na estrutura proposta por Moreira (2011b). O trabalho objetivou também a aplicação do Material desenvolvido, para uma turma de alunos de uma escola da zona rural, para viabilizar a coleta de dados e consequente avaliação dos impactos do mesmo para a promoção da aprendizagem significativa dos tópicos estudados.

## **1.2 - A Organização da Dissertação**

Esta dissertação é apresentada em seis capítulos e um Apêndice como descritos a seguir.



Este Capítulo introdutório tem o objetivo de situar o leitor no contexto da pesquisa, e apresentar de maneira sucinta os tópicos que serão desenvolvidos ao longo do texto.

O Capítulo 2 apresenta o Referencial Teórico onde são discutidas as bases teóricas para o desenvolvimento deste trabalho.

O Capítulo 3 apresenta a concepção do estudo onde é descrita a Metodologia usada para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

O Capítulo 4 apresenta a Análise de Dados onde é realizada a discussão sobre os dados obtidos a partir de cada instrumento de coleta utilizado, buscando evidências de Aprendizagem Significativa em cada um deles.

O Capítulo 5 descreve as Discussões e Conclusões deste estudo, apresentando sugestões para futuras investigações.

O Capítulo 6 apresenta as Referências Bibliográficas utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao final é apresentado um Apêndice, onde é disponibilizado o **produto educacional** da Dissertação, composto pelo Material Instrucional produzido e utilizado para o desenvolvimento e coleta de dados da pesquisa.

## CAPÍTULO 2

### REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem o objetivo de apresentar os aspectos teóricos articulados para o desenvolvimento deste trabalho, que investigará a utilização de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o estudo do Princípio de Conservação da Energia.

#### 2.1 – Teoria da Aprendizagem Significativa

O desenvolvimento do trabalho fundamenta-se na Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel *et al* (1980) e Ausubel (2002) e suas implicações para o ensino e a aprendizagem em sala de aula, partindo do pressuposto de que só há ensino quando há aprendizagem e esta deve ser significativa. De acordo com Ausubel, o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aluno já conhece. A este conhecimento, especificamente relevante à nova aprendizagem, o qual pode ser, por exemplo, um símbolo já significativo, um conceito, uma proposição, um modelo mental, uma imagem, David Ausubel chamava de *subsunção* ou *ideia-âncora* (MOREIRA, 2012), ou seja, a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação encontra fundamento em conceitos ou proposições relevantes, na estrutura cognitiva do aprendiz. Portanto:

Se tivesse que reduzir toda psicologia educacional a um único princípio, diria: o fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isso e ensine de acordo. (AUSUBEL et al., 1980, p. 137).

Destaca-se que a aprendizagem significativa decorre da interação não-arbitrária e não-literal de novos conhecimentos com conhecimentos prévios (subsunçores) especificamente relevantes. Através de sucessivas interações um dado subsunçor vai, progressivamente, adquirindo novos significados, vai ficando mais rico, mais refinado, mais diferenciado, e mais capaz de servir de ancoradouro para novas aprendizagens significativas.

Essas novas informações são armazenadas no cérebro humano formando uma hierarquia conceitual, na qual conceitos mais específicos são relacionados e assimilados a conceitos mais gerais. Quando há AS os subsunçores são modificados, tornando-se mais elaborados, mais inclusivos e mais capazes de servir de subsunçores para novas informações (ibid.). Esse processo chama-se *diferenciação progressiva* do conceito subsunçor.

Na visão de Ausubel, portanto, no processo de assimilação, ou ancoragem, não só a nova informação, mas também o conceito subsunçor com o qual ela se relaciona, são modificados pela interação. Quando a nova informação interage pouco ou nada com a estrutura cognitiva do aprendiz ocorre a aprendizagem mecânica, ou automática. Nesse caso a informação será armazenada de forma arbitrária, sem ligar-se a conceitos relevantes existentes na estrutura do aluno.

À medida que novas aprendizagens ocorram, idéias já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz podem ser percebidas como relacionadas a um mesmo conceito mais geral. “Assim, novas informações são adquiridas e elementos existentes na estrutura cognitiva podem reorganizar-se e adquirir novos significados” (ibid., p. 160). Esse processo em que são realizadas ligações entre os conceitos é chamado de *reconciliação integrativa*.

É importante realçar que o pode ocorrer de o aluno não possuir os subsunçores necessários para o aprendizado correto, ou desejado, de determinada informação. Nesses casos, Ausubel recomenda a utilização de organizadores prévios, que são materiais introdutórios, apresentados antes do conteúdo que se busca ensinar. Esses organizadores deverão servir de âncora para a nova aprendizagem e levar ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a AS. Ou seja, o organizador prévio deve “servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber” (ibid., p. 155).

Todavia, Ausubel aponta duas condições básicas para a ocorrência de AS. A primeira é que “o material a ser aprendido seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz” (ibid., p. 156). Quando isso ocorre, o material é chamado de potencialmente significativo.

Outra condição relevante é o aluno manifestar disposição para aprender significativamente determinado conhecimento. Ou seja, se a intenção do aluno for memorizar o conteúdo, por exemplo, o processo e o resultado serão mecânicos. Assim, de acordo com Moreira (2012):

Não se trata exatamente de motivação, ou de gostar da matéria. Por alguma razão, o sujeito que aprende deve se predispor a relacionar (diferenciando e integrando) interativamente os novos conhecimentos a sua estrutura cognitiva prévia, modificando-a, enriquecendo-a, elaborando-a e dando significados a esses conhecimentos. Pode ser simplesmente porque ela ou ele sabe que sem compreensão não terá bons resultados nas avaliações. (Moreira, 2012, p. 36).

Portanto, caso uma condição seja cumprida, e a outra não, a aprendizagem será mecânica ou não ocorrerá.

Ausubel *et al* (1980) definem três tipos de aprendizagem: subordinada, superordenada e combinatória. Na aprendizagem subordinada, o novo conceito encontra relação com a estrutura cognitiva do aprendiz de forma subordinada. Ele pode ser encarado como um exemplo de um conceito específico já existente na estrutura cognitiva, pode apenas ilustrar uma proposição geral, ser considerada uma extensão, modificação ou qualificação de conceitos previamente aprendidos, dentre outros. Como foi visto, nesse processo, o conceito subsunçor também se modifica. Quando esse processo ocorre uma ou mais vezes leva a diferenciação progressiva do conceito subsunçor (MOREIRA, 1999).

Na aprendizagem superordenada, o novo conceito, potencialmente significativo, é mais geral e inclusivo do que idéias já existentes na estrutura cognitiva do estudante. Assim, os conceitos já existentes assumem posição de subordinação em relação a esse novo conceito, ou seja, passam a representar aspectos mais específicos do novo, mais geral. Durante esse processo, as idéias já existentes passam a ser vistas como relacionadas. Assim, as idéias existentes podem reorganizar-se e adquirir novos significados, ocorrendo, portanto, a reconciliação integrativa.

Na aprendizagem combinatória, a nova idéia é vista como relacionada à idéias já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, mas não é nem mais específica nem mais geral. Assim, ao invés de se relacionar com um conceito específico, se relaciona com um conteúdo amplo. É como se fosse potencialmente significativa por ser relacionável a estrutura cognitiva como um todo (ibid.). Nesse processo, também ocorre a reconciliação integrativa. Ou seja, a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são processos relacionados que ocorrem durante a AS. No fundo, toda aprendizagem que resultar em reconciliação integrativa resultará também em diferenciação progressiva (ibid.).

Ausubel vê também esses dois aspectos do ponto de vista instrucional. A Diferenciação deve ser levada em conta na programação da matéria de ensino. Isso significa que o conteúdo apresentado deve ser organizado de forma a iniciar-se por proposições mais gerais e inclusivas e progressivamente diferenciadas. Ter em conta a reconciliação integrativa na preparação da aula significa que deve-se explorar relações entre idéias, apontando diferenças e similaridades entre as mesmas. Esses dois princípios programáticos podem, na prática, ser implementados através do uso de organizadores prévios adequados, e através da utilização de Mapas Conceituais (MOREIRA, 1999).

Entretanto, a primeira tarefa é a de identificação dos conceitos básicos da matéria de ensino e como eles estão estruturados. Tendo concluído essa etapa, organiza-se a estrutura do material através da utilização de princípios programáticos organizacionais, que são: diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, já citados, e a *organização sequencial* e *consolidação*. Quanto a organização sequencial, a TAS prevê que se maximize a disponibilidade de idéias âncoras relevantes aproveitando as “dependências sequenciais naturais existentes na disciplina e do fato de que a compreensão de um dado tópico, frequentemente, pressupõe o entendimento prévio de algum tópico relacionado” (ibid., p. 162). Além disso, deve-se insistir na consolidação do que se está sendo estudado, antes de se passar para novos assuntos. Dessa forma assegura-se contínua prontidão na matéria de ensino e sucesso na aprendizagem sequencialmente organizada (ibid.).

Pode-se dizer, portanto, que o papel do professor na facilitação da AS envolve pelo menos quatro tarefas fundamentais:

1. Identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino, isto é, identificar os conceitos e princípios unificadores, inclusivos, com maior poder explanatório e propriedades integradoras, e organizá-los hierarquicamente de modo que, progressivamente, abranjam os menos inclusivos até chegar aos exemplos e dados específicos.
2. Identificar quais os subsunçores (conceitos, proposições, idéias claras, precisas, estáveis) relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, que o aluno deveria ter em sua estrutura cognitiva para poder aprender significativamente este conteúdo.
3. Diagnosticar aquilo que o aluno já sabe; determinar, dentre os subsunçores especificamente relevantes (previamente identificados ao “mapear” e organizar a matéria de ensino), quais os que estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno.
4. Ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa. A tarefa do professor aqui é a de auxiliar o aluno a assimilar a estrutura da matéria de ensino e organizar sua própria estrutura cognitiva nessa área de conhecimentos, por meio da aquisição de significados claros, estáveis e transferíveis. É óbvio que, para isso, deve levar em conta não só a estrutura conceitual da matéria de ensino, mas também a estrutura cognitiva do aluno no início da instrução e tomar providências adequadas (por exemplo, usando organizadores, ou “instruções - remédios”), se a mesma não for adequada (MOREIRA, 1999, p. 162).

Outro ponto importante da TAS é o cuidado que deve-se tomar com a avaliação. A avaliação não deve exigir que o aluno simplesmente recorde de memória uma informação ensinada em sala de aula. O objetivo da avaliação deve ser encontrar evidências de uma possível AS.

Segundo Ausubel, a evidência da AS se torna eficaz, apresentando ao aprendiz, testes de compreensão em um contexto de alguma forma diferente daquele comumente encontrado no material instrucional, pois a compreensão real de um conceito implica em significados claros. Ele argumenta que com o passar do tempo os alunos desenvolvem técnicas para resolver provas. Aprendem maneiras de resolver “problemas típicos”. Assim, a avaliação da AS deve exigir máxima transformação do conhecimento adquirido.

Uma importante ferramenta na busca por essas evidências é o Mapa Conceitual. Os Mapas Conceituais (MC) foram propostos inicialmente por Novak (1972) como estratégia para evidenciar conceitos subsunçores presentes na estrutura cognitiva do aluno. Novak e Gowin (1999) descrevem os fundamentos teóricos dos mapas conceituais, afirmando que estes são um instrumento centrado no aluno e não no professor. Além disso, permitem a avaliação do conhecimento prévio do aluno, o diagnóstico das concepções alternativas, a utilização como um mecanismo para ilustrar a natureza hierárquica, conceitual e proposicional do conhecimento, além de

poder ser utilizados como ferramenta para ajudar os alunos a reorganizar as estruturas cognitivas em padrões mais fortemente integrados, promovendo assim a AS (Trowbridge & Wandersee, 2000).

## 2.2 – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

Tendo em vista os princípios programáticos citados anteriormente, Moreira (2011b) apresentou uma proposta para a implementação de uma sequência de ensino com fundamento teórico voltado para a AS no contexto da sala de aula, que são as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). O objetivo é estabelecer um passo a passo de como desenvolver uma unidade de ensino que seja potencialmente facilitadora da AS de tópicos específicos de conhecimento declarativo e/ou procedimental. Segundo o autor (ibid.), a proposta de elaboração de uma UEPS é balizada na teoria de Ausubel (1968, 2000) levando-se em consideração visões clássicas e contemporâneas de Moreira (ibid.) as teorias de educação de Novak (1977) e Gowin (1981), a teoria interacionista de Vygotsky (1987), a teoria dos campos conceituais de Vergnaud (1990), a teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird (1983) e a teoria de aprendizagem significativa crítica de Moreira (2005). Assim, Moreira (2011b, p. 3-5) estabeleceu os seguintes passos para a construção de uma UEPS:

1. Definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais, tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico;
2. Criar/propor situação(ções) – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc. – que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta;
3. Propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; estas situações-problema podem envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo; tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios); estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc., mas sempre de modo acessível e problemático, i.e., não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo;

4. Uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, i.e., começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;

5. Em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (i.e., aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de uma mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc., mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente;

6. Concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um áudio-visual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores; essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do docente;

7. A avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa;

8. A UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

Além desses oito passos sequenciais, Moreira (ibid., p. 5) estabelece aspectos transversais, dentre os quais, destaca-se:



- em todos os passos, os materiais e as estratégias de ensino devem ser diversificados, o questionamento deve ser privilegiado em relação às respostas prontas e o diálogo e a crítica devem ser estimulados;
- embora a UEPS deva privilegiar as atividades colaborativas, a mesma pode também prever momentos de atividades individuais.

A UEPS somente será considerada exitosa se encontrar evidências de AS, isto é, captação de significados, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento pra resolver situações problemas, etc. Deve-se dar ênfase em evidência, não em comportamentos finais (ibid.).

De acordo com MOREIRA (1999), independentemente de quão potencialmente significativo seja o material a ser aprendido, se a intenção do aprendiz for simplesmente a de memorizá-lo, arbitrária e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como seu produto serão mecânicos (ou automáticos). De maneira recíproca, independentemente de quão disposto para aprender estiver o indivíduo, nem o processo nem o produto da aprendizagem serão significativos, se o material não for potencialmente significativo.

Portanto, os pressupostos da Aprendizagem Significativa de Ausubel e da UEPS propostas por Moreira (2011b), se constituíram do referencial teórico para a elaboração de um MI sobre **Princípio de Conservação da Energia**, para ser aplicado para alunos do Ensino Médio. A proposta de desenvolvimento e aplicação do MI atende às premissas do Mestrado Profissional, que é a elaboração de um produto educacional voltado para prática de sala de aula, e permite a coleta de dados para sua respectiva avaliação e consequente escrita da dissertação de Mestrado.

## CAPÍTULO 3

### METODOLOGIA

Esta pesquisa é do tipo qualitativo descritiva, de natureza exploratória e interpretativa. O interesse central deste tipo de pesquisa está nos significados que as pessoas, em suas ações e interações, atribuem dentro de um contexto social. Moreira (2011b) explica que a pesquisa qualitativa se preocupa mais com a compreensão do fenômeno social, segundo a perspectiva dos atores, através da participação na vida desses atores. Assim, o pesquisador qualitativo, imerso no fenômeno de interesse, registra tudo o que ocorre no ambiente estudado, coletando documentos, tais como trabalhos de alunos e materiais distribuídos pelo professor (ibid.).

Mesmo não sendo uma pesquisa quantitativa, o pesquisador qualitativo também transforma dados e eventualmente faz uso de sumários, classificações e tabelas. Entretanto, a análise que utiliza é predominantemente descritiva. Vai em busca de significados, tanto do ponto de vista do pesquisador quanto dos sujeitos. O objetivo fundamental desse tipo de estudo é compreender o significado de uma experiência e tentar entender o que há de único nela e o que pode ser generalizado a situações similares (ibid.). A pesquisa qualitativa busca a profundidade dos fatos, parte do subjetivo, trabalha com valores, crenças, opiniões e atitudes. Todas as variáveis são importantes.

Uma faceta de grande importância da pesquisa qualitativa é a narrativa.

Ao invés de usar gráficos, coeficientes, tabelas estatísticas para apresentar resultados e asserções de conhecimento, o pesquisador qualitativo narra o que fez e sua narrativa concentra-se não nos procedimentos, mas nos resultados. Suas asserções dependem de sua interpretação e só terão validade para o leitor (que pode ser um colega pesquisador, um professor, um administrador, o próprio sujeito da pesquisa) na medida em que eles concordam com essa interpretação (MOREIRA, 2011b, p.51).

Assim, o pesquisador enriquece sua narrativa com evidências que possam corroborar sua interpretação, visando persuadir o leitor. Para tanto, insere trechos de anotações, entrevistas, exemplos de trabalhos de alunos, incluindo comentários interpretativos. Ao mesmo tempo, busca tornar possível ao leitor fazer julgamentos de modo a concordar ou não com as asserções interpretativas do pesquisador.

Neste sentido, a proposta deste trabalho de mestrado de elaboração de um Material Instrucional potencialmente significativo para o estudo de conteúdos de Física no ambiente de sala de aula se enquadra no paradigma da pesquisa qualitativa (MOREIRA 2011b), uma vez que o interesse foi a busca de evidências de ocorrência da Aprendizagem Significativa dos estudantes de conceitos e princípios de Mecânica no contexto social de uma escola da zona rural.

### **3.1 - Objetivos**

#### **Objetivo Geral**

Investigar o impacto da utilização de elementos do cotidiano da zona rural para a promoção da Aprendizagem Significativa dos estudantes do princípio da conservação de energia mecânica, através da utilização de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa.

#### **Objetivos Específicos**

1. Mapear a evolução da compreensão dos conceitos através dos Mapas Conceituais produzidos pelos alunos em busca de evidências de Aprendizagem Significativa;
2. Analisar os resultados das avaliações, buscando possíveis significados para as notas e questões de maior ou menor acerto;
3. Analisar as respostas fornecidas pelos alunos para as questões contidas no Material Instrucional, visando identificar as potencialidades desta estratégia para a promoção da Aprendizagem Significativa;
4. Mapear a opinião dos estudantes visando identificar pontos positivos e negativos dos recursos instrucionais utilizados e do Material Instrucional como um todo;

5. Analisar o diário de bordo do professor, traçando um panorama geral da aplicação do Material Instrucional, do ponto de vista do professor/mestrando.

### 3.2 - Amostragem

O Material Instrucional foi aplicado para uma turma de vinte e um alunos do segundo ano do Ensino Médio.

### 3.3 - Descrição do Material Instrucional

O Material Instrucional (MI) foi desenvolvido pelo professor/mestrando, em parceria com o orientador, na EEEFM Guilhermina Hulda Kruger Reinholz, da rede pública estadual de ensino, localizada na comunidade rural de Holanda, em Santa Leopoldina-ES, atendendo a um dos requisitos do Mestrado Profissional, de elaboração de um **Produto Educacional**. O MI pode ser destacado da dissertação de modo que está disponível para ser utilizado por outro professor e a íntegra do mesmo segue em anexo a esta dissertação.

Os exemplos e situações presentes nos livros didáticos são utilizados para dar sentido aos fenômenos naturais a serem estudados. Neste sentido, é desejável que eles sejam capazes de despertar a curiosidade e interesse dos alunos para o entendimento e estudos dos fenômenos subjacentes. Moreira (1999, p.162) argumenta que é necessário que se ensine “utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa”. Assim, utilizar exemplos em sala que tenham conexões com o cotidiano dos estudantes pode ser fundamental. Em se tratando de alunos de uma zona rural, no entanto, a maioria dos exemplos contidos no livro didático não contemplam situações vividas por eles em seu dia a dia.

Neste contexto, buscou-se desenvolver um Material Instrucional (MI) utilizando exemplos e situações do cotidiano dos estudantes que vivem na zona rural do município de Santa Leopoldina, que está localizado na região Serrana do Estado do Espírito Santo e encontra-se a distancia de quarenta e seis quilômetros de Vitória. Possui seis municípios limítrofes; Cariacica, Serra, Fundão, Santa Teresa, Santa

Maria de Jetibá e Domingos Martins. Sua população é de 12.240 habitantes sendo que 80% desta população vivem na zona rural do município.

Os conteúdos de Física considerados para a elaboração do MI foram relacionados à Conservação da Energia Mecânica e a apresentação foi dividida em três partes. A primeira abordou, de forma geral, os conceitos de trabalho e energia. Em seguida foram discutidas situações para exemplificar a energia cinética, energia potencial gravitacional e elástica. Na segunda parte, iniciou-se a discussão quantitativa dos conceitos de trabalho e energia. Na terceira parte foi discutido o Princípio da Conservação da Energia Mecânica.

Do ponto de vista da estruturação, o MI foi elaborado levando em consideração a Teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2002), buscando o desenvolvimento de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), proposta por Moreira (2011a). Assim, o conteúdo foi estruturado de acordo com os oito passos previstos para a elaboração de uma UEPS.

Visando aproximar os estudantes de situações do seu cotidiano, o MI previu na sua primeira aula uma visita a um Quitungo. Este consiste de um local utilizado para fabricação de, principalmente, farinha de mandioca. Para tanto, utiliza-se uma roda d'água para mover uma série de engrenagens e mecanismos que possibilitam realizar todas as etapas da fabricação, desde ralar a mandioca até o processo de torra da farinha. A Figura 3.1 mostra uma imagem da parte externa do mesmo.



**Figura 3.1:** *Roda d'água do quitungo.*

Este Quitungo está localizado na comunidade do Tirol, distante cerca de sete quilômetros da escola. No dia da visita, o transporte da escola até o local onde se encontra o Quitungo foi realizado pelos próprios alunos e pais de alunos. Durante a visita, os alunos puderam observar de perto o funcionamento do mesmo, as engrenagens e correias que permitem acionar ou interromper os diferentes mecanismos ali presentes. Toda explicação contou com a colaboração do proprietário que, gentilmente, permitiu a visita da nossa escola.

O mecanismo que caracteriza o Quitungo é o rodete, dispositivo responsável por ralar a mandioca. Ele foi desmontado de modo que os alunos puderam observar as lâminas presentes em sua estrutura interna, responsáveis por ralar a mandioca. Foi possível ver também o local onde a água era retirada da massa ralada de mandioca e onde, posteriormente, era torrada. Assim, de etapa a etapa foi mostrado todo o processo até o resultado final, a farinha. O manjolo, que serve para pilar café, e o moinho de moer milho para fazer fubá, também puderam ser contemplados pelos alunos. Adicionalmente, o proprietário aproveitou para falar também sobre o

comércio da mandioca, sobre as altas e baixas do mercado e os motivos pelos quais o quitungo foi desativado no passado.

Assim, a visita ao quitungo e a visualização das diversas utilidades do mesmos serviram para dar sentido às discussões dos conteúdos que pretendíamos ensinar e cumpriu as orientações contidas no passo três da UEPS que é a de propor situações problema em nível introdutório.

Em seguida, os alunos foram solicitados a responder um questionário individual sobre o funcionamento do Quitungo. As perguntas buscavam levar o aluno a externalizar seus conhecimentos prévios, aceitos ou não no contexto da matéria de ensino, em consonância com o passo dois para elaboração de uma UEPS.

Dentre as perguntas presentes no questionário estavam:

*“Porque a água consegue provocar o movimento da roda?”*

*“Imagine que fosse necessário reutilizar a água para fazer a roda girar novamente. E ainda, que você precisasse fazer isso por conta própria utilizando um balde. Após repedidas “viagens” você se sentiria cansado. Qual sua explicação para este cansaço?”*

*“Como a água está lá todos os dias e não fomos nenhum de nós que a colocou no alto da montanha (onde ela nasce), como você acha que ela foi parar lá em cima?”*

Os alunos demonstraram bastante interesse em entender como ocorriam os processos relacionados às perguntas e em opinar. Todavia, os questionamentos não foram respondidos pelo professor. Apenas perguntava-se qual a opinião deles, ou porque determinada coisa acontecia, e eles respondiam e complementavam um ao outro.

Outra atividade realizada consistiu em fazer algumas medidas relacionadas ao Quitungo. Os alunos receberam uma folha, junto com o questionário, fizeram um esquema do mesmo e anotaram valores de medidas realizadas no local, a saber: vazão da bica de água que aciona a roda, o período de rotação da roda e diâmetro da roda. Essas informações foram utilizadas, em aulas posteriores, para cálculos de energia potencial disponível e potência desenvolvida pela roda. Com estes valores,

foram feitas conjecturas e analogias sobre as reais possibilidades de acionamento com o sistema do quitungo.

Na aula seguinte, no retorno à sala de aula, os alunos foram solicitados a construir um Mapa Conceitual sobre o entendimento do Conceito de **Energia**. Cabe ressaltar que, em aulas anteriores, foram realizadas atividades de construção de Mapas Conceituais, baseadas na proposta de Ferracioli (2007). Esta etapa buscou levar o aluno a externalizar seu conhecimento prévio no contexto da matéria de ensino, de acordo com as orientações contidas no passo dois da UEPS.

Visando ampliar a discussão dos conteúdos e exemplificar o assunto estudado, foram incluídos exercícios resolvidos ao longo de todo o MI. Foram incluídos também, ao final de cada parte do MI, uma lista de exercícios para o aluno resolver fora e dentro do ambiente de sala de aula, contribuindo também para a interação social entre eles, negociando significados e tendo o professor como mediador, conforme previsto no passo cinco da UEPS.

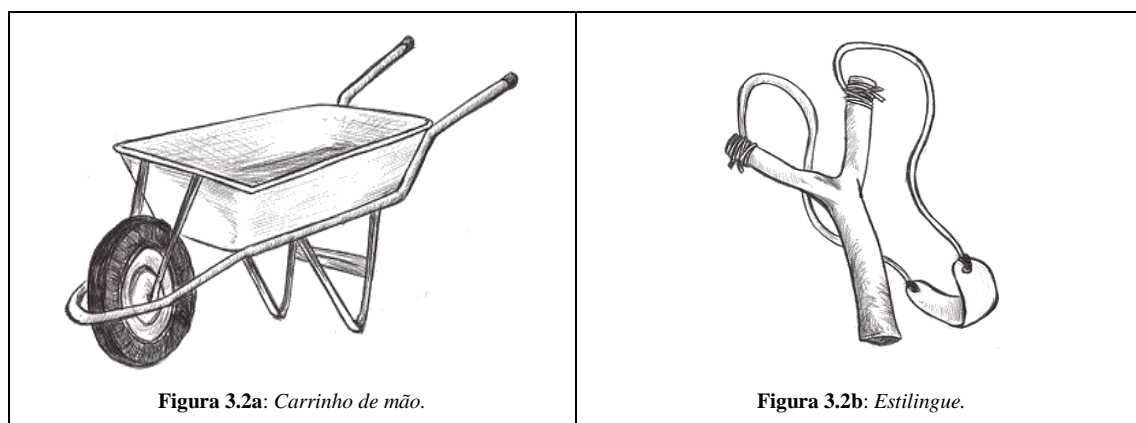
A medida que o conteúdo avança, o MI retoma os conceitos mais gerais e estruturantes, sempre em nível mais alto de complexidade, conectando-os com os aspectos mais específicos do conteúdo, visando promover a ocorrência dos processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora, atendendo ao que foi estabelecido no passo cinco e seis da UEPS.

Ao longo de todo MI foram incluídas também diversas questões a serem respondidas pelos estudantes. A dinâmica consistiu em alocar um tempo para o estudante responder e em seguida o professor deveria proceder uma discussão coletiva com a turma sobre as respostas dadas. Tal estratégia possibilitou aos alunos refletir e expor sua opinião sobre aspectos relevantes do assunto abordado na aula e, conseqüentemente, expor seus conhecimentos prévios. O MI previu um espaço para a resposta inicial do estudante e um espaço para a possível correção da sua resposta, após a discussão com o professor e comparação com sua resposta inicial. Caso o aluno constatasse que sua resposta estivesse errada, ele poderia escrever a resposta correta em um espaço ao lado. Assim, foram criados momentos de apresentação ou discussão em grande grupo, conforme estabelecido no passo quatro da UEPS.



Outro destaque da elaboração do MI foi a utilização de experimentos em sala de aula, vídeos de curta duração e simulações computacionais. Para sistematizar a utilização de cada um destes recursos, na sala de aula, foram incluídas orientações específicas em duas sessões intituladas “USANDO O EXPERIMENTO COM O PROFESSOR” e “USANDO A TECNOLOGIA COM O PROFESSOR”.

Cada sessão “USANDO O EXPERIMENTO COM O PROFESSOR” foi constituída de uma breve descrição sobre o fenômeno a ser abordado e de um roteiro para a utilização do experimento em sala de aula, além de questões a serem respondidas pelos estudantes. Todos os experimentos foram realizados utilizando materiais e situações no cotidiano dos estudantes, tais como o carrinho de mão e o estilingue, mostrados na Figura 3.2 abaixo, além da moto e da caixa de verduras<sup>1</sup>.



**Figura 3.2:** Exemplos de imagens utilizadas no MI.

As sessões “USANDO A TECNOLOGIA COM O PROFESSOR” foram constituídas de vídeos e simulações computacionais com *Applets*<sup>2</sup> e continham uma breve descrição sobre o que pode ser visualizado ou simulado com o recurso utilizado, roteiro de execução em sala de aula e questões a serem respondidas pelos estudantes. O objetivo principal deste tipo de sessão foi possibilitar ao estudante a visualização de fenômenos microscópicos do conteúdo em estudo, tal como a força de atrito.

<sup>1</sup>Todas as caricaturas foram gentilmente desenvolvidas e cedidas por Jonathan Teodoro Holz, talentoso artista plástico de Santa Leopoldina – ES, para a elaboração deste MI, a quem registro meus sinceros agradecimentos.

<sup>2</sup>Os *Applets* são *softwares* de pequeno porte que podem ser executados através de navegadores de internet, tais como, Firefox, Internet Explorer ou Chrome, entre outros, disponíveis, gratuitamente, na rede mundial de computadores (internet).

A utilização dos vídeos e simulação, bem como do estilingue e carrinho de mão em sala de aula se relacionam com os passos três (uso de situações problemas) e quatro (exposição do conteúdo seguida de discussão em grupo) da UEPS e com o primeiro aspecto transversal citado no capítulo 2. Ou seja, em todos os passos, os materiais e as estratégias de ensino devem ser diversificados, o questionamento deve ser privilegiado em relação às respostas prontas e o diálogo e a crítica devem ser estimulados.

Ao final das discussões sobre Trabalho e Energia (primeira parte do material), os alunos foram solicitados a desenvolver um segundo Mapa Conceitual, acerca do tema Trabalho e Energia. Esta atividade possibilitou aos estudantes um momento para reorganizar seu entendimento sobre o conceito de Energia, que foi solicitado no Mapa inicial. De acordo com Moreira (2006):

[...]os mapas conceituais serão úteis não só como auxiliares na determinação do conhecimento prévio do aluno (ou seja, antes da instrução), mas também para investigar mudanças em sua estrutura cognitiva durante a instrução. Dessa forma se obtém, inclusive, informações que podem servir de realimentação para a instrução e para o currículo (MOREIRA, 2006, p. 19).

Assim, esse mapa possibilitou também a coleta de dados para uma análise da aplicação deste MI e eventual mudança da estrutura cognitiva dos alunos, de acordo com as proposta de avaliação de Mapas Conceituais proposta por Mendonça (2012).

Após a conclusão das discussões das partes um e dois do MI, os alunos fizeram uma atividade avaliativa, em forma de exercícios. Por fim, após as discussões da terceira parte do conteúdo, os alunos foram submetidos a uma avaliação somativa, individual, que abrangia todo o conteúdo abordado pelo MI, atendendo ao que foi proposto no passo sete da UEPS.

### **3.4 - O Contexto da Aplicação do Material Instrucional**

O MI desenvolvido foi aplicado em uma turma do turno noturno, em encontros dedicados à disciplina de Física, de acordo com o Plano de Ensino da mesma, constante no Quadro 3.1. O conteúdo faz parte Currículo Básico Comum, estabelecido pela Secretaria Estadual de Educação (SEDU) – ES, e foi selecionado baseado na temática Conservação da Energia, que foi o tópico escolhido para a realização deste trabalho.

Os objetivos conceituais e procedimentais foram estabelecidos pelo professor, de acordo com o planejamento da disciplina. As estratégias de avaliação, recursos e coleta de dados se baseiam nos elementos encontrados na bibliografia consultada sobre Aprendizagem Significativa, sobretudo nas sugestões de Moreira (2011b).

EEEFM GUILHERMINA HULDA KRUGER REINHOLZ		
PLANO DE ENSINO	TURNO: Noturno	TURMA: 2º ano do Ensino Médio
Professor titular: Claytor Vieira da Silva		
Tema: Conservação da Energia		
<b>CONTEÚDO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabalho e Energia;</li> <li>• Conceitos de Energia Potencial e Cinética;</li> <li>• Cálculos de Trabalho e Energia;</li> <li>• Conservação da Energia Mecânica e Princípio da Conservação da Energia;</li> <li>• Forças Conservativas e Forças não Conservativas;</li> <li>• Potência.</li> </ul>		
<b>OBJETIVOS CONCEITUAIS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceituar trabalho e energia.</li> <li>• Caracterizar Energia Potencial e Cinética.</li> <li>• Quantificar a Energia de um móvel.</li> <li>• Relacionar a disponibilidade de Energia com a capacidade de realização de Trabalho.</li> <li>• Descrever processos de transformação de energia</li> <li>• Determinar a potência fornecida/utilizada em situações problematizadoras.</li> <li>• Conceituar o Princípio da Conservação da Energia.</li> </ul>		
<b>OBJETIVOS PROCEDIMENTAIS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planejar e executar experimentos.</li> <li>• Coletar informações para análise.</li> <li>• Registrar dados de observação relacionando conceitos.</li> </ul>		
<b>ESTRATÉGIAS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação de pré-teste e pós-teste.</li> <li>• Visita a um Quitungo localizado nas proximidades da escola.</li> <li>• Levantamento das concepções prévias do aluno sobre o tema (questionário).</li> <li>• Discussões: orais e coletivas.</li> <li>• Utilização de Material Instrucional contextualizado com a zona rural.</li> <li>• Utilização de vídeos e simulações.</li> <li>• Elaboração de experimentos simples com estilingue e carrinho de mão.</li> <li>• Confecção de mapas conceituais.</li> </ul>		
<b>Recursos Materiais</b> Material Instrucional, carrinho de mão, estilingue, data-show, quadro negro.		
<b>Procedimentos de Avaliação</b> A avaliação será composta por 3 atividades: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 parciais, ao término da primeira e da segunda parte do Material Instrucional;</li> <li>• 1 final, contendo todo o conteúdo abordado pelo Material instrucional, aplicada após o término do conteúdo.</li> </ul>		

**Quadro 3.1:** Plano de Ensino.

O MI foi originalmente produzido para ser aplicado no último trimestre do ano de 2012, em uma única turma, no 1º ano do Ensino Médio. Todavia, devido a um acidente de moto, o professor/mestrando teve que se ausentar por cerca de um mês da escola, na iminência da aplicação do mesmo, impossibilitando o trabalho no referido semestre e as discussões do conteúdo de Conservação de Energia. Assim, decidiu-se utilizar a mesma turma no início do ano de 2013 que passou para o 2º ano.

A escola, onde o MI foi aplicado, localiza-se a aproximadamente 25 km da sede do município de Santa Leopoldina e tem como particularidade possuir quase que 100% de seus alunos provenientes da zona rural. A realidade dos estudantes desta escola, é de trabalho na lavoura durante o dia e de estudo no turno da noite. A maior parte deles, ao concluir o Ensino Médio, não ingressa em cursos superiores ou técnicos, permanecendo trabalhando na lavoura. Muitos, inclusive, por opção.

Como o prédio onde funciona a escola é cedido pela Prefeitura Municipal, faltam investimentos do Governo Estadual para melhorias das dependências. Os alunos estudam em um ambiente muito aquém do desejado, com salas pouco ventiladas, exageradamente quentes na maior parte do ano, com instalações elétricas precárias, paredes e quadros danificados, portas e janelas quebradas ou inexistentes.

As regras no contrato da empresa terceirizada, responsável pela merenda, impedem que a escola tenha direito a ceia e a uma cozinheira, por possuir menos de 180 alunos no total. Assim, o lanche dos alunos no recreio se resume, na maior parte do ano, a biscoitos e pão com margarina.

Devido ao grande desgaste físico da maioria dos alunos durante o dia, e a necessidade/indisponibilidade de uma alimentação mais rica, seu rendimento em sala de aula acaba sendo prejudicado. Reclamações de fome e sono são alguns dos problemas observados a esse respeito. Soma-se a isso a dificuldade de acesso ao local. Estradas sem nenhum tipo de pavimentação e com elevada quantidade de buracos, na maior parte do ano, dificuldade de chegar à escola em dias de chuva, devido ao excesso de lama, transportes escolares em más condições de circulação, são apenas alguns dos problemas enfrentados pelos alunos.

A carga horária de Física na referida turma é de 2 horas-aula semanais. Na proposta aqui relatada, a dinâmica do MI de propor questões a serem respondidas pelos estudantes seguidas de discussões, a utilização de simulações computacionais com projetor multimídia, a resolução de exercícios em sala pelos alunos devido a falta de tempo durante o dia, se constituíram de um conjunto de fatores responsáveis pelo uso de 25 horas-aula para as discussões, relativas aos problemas envolvendo o conceito e cálculos de trabalho e energia, abrangido pelo MI. Soma-se a isso a existência de dias sem aula devido a fortes chuvas. Assim, foi utilizada toda a carga horária do primeiro trimestre e metade da carga horária do segundo trimestre da disciplina de Física.

Vale a pena esclarecer que na rede estadual de ensino não existe uma determinação do número de horas/aula para aplicação do conteúdo abordado neste MI. Entretanto, a prática em sala de aula, sobretudo na escola em questão, com os problemas já citados, nos mostra a necessidade de cerca de 20 horas-aula para cumprir com essa etapa do currículo.

### 3.5 – Instrumentos de Coleta e Análise de Dados

A coleta de dados se constituiu dos **Mapas Conceituais** desenvolvidos pelos estudantes antes e depois das discussões dos conceitos de Trabalho e Energia, do **Diário de Bordo** do professor, das respostas às **Questões** contidas no MI, do **Desempenho** dos estudantes nas avaliações realizadas e de um **Questionário** de levantamento de opinião dos estudantes.

#### 3.5.1 – Mapas Conceituais

“Os mapas conceituais são representações ordenadas hierarquicamente, com um conceito superordenado no topo” (MENDONÇA, 2012). Os conceitos inseridos abaixo do principal devem ser mais específicos e menos gerais. Os conceitos devem ser ligados por linhas, contendo palavras de ligação que expressam a relação entre eles, formando proposições. Os MC's podem ser utilizados como instrumentos de coleta de dados para investigar a estrutura cognitiva do aluno e eventuais mudanças, durante a instrução (MOREIRA, 2006). Assim, é possível que sejam

encontradas evidências de AS ao se analisar a estrutura dos MC's feitos pelos alunos.

A análise dos Mapas construídos pelos estudantes **antes** e **depois** da instrução seguiu a estratégia proposta por Mendonça (2012). A autora (ibid.) elaborou critérios de classificação qualitativos no que se refere aos graus de hierarquia, que tem por base as estratégias para avaliação de mapas conceituais propostas por Novak (2000) e nos princípios programáticos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa de Ausubel (2002).

Segundo Mendonça (2012) a construção de um MC requer uma compreensão acerca das idéias transmitidas pelos conceitos. Assim, caso não haja clareza, a quantidade de proposições válidas e de conceitos importantes no MC será baixa. Todavia, caso haja uma elevação da quantidade de conceitos centrais do conteúdo e do número de proposições válidas do primeiro para o segundo MC, isso poderá indicar um aumento na compreensão das idéias transmitidas pelos conceitos e, portanto, a ocorrência de AS. Os critérios utilizados para análise dos mapas conceituais serão discutidos no Capítulo 4.

Entre as formas de avaliar a evolução conceitual dos estudantes, o MI propõe a construção de MC's em dois momentos: um no início da aplicação do material e um ao final da primeira parte do conteúdo (conceitos de trabalho e energia).

### 3.5.2 – Respostas das Questões

As *respostas às perguntas contidas no MI*, dadas pelos alunos, tinham como objetivo permitir ao estudante expressar seu conhecimento prévio sobre o assunto/conceito em discussão a cada momento. A partir destes registros, que foram obtidos recolhendo o MI dos estudantes para a realização de fotocópias, foi possível ter acesso aos conhecimentos prévios dos estudantes e também estabelecer uma estratégia para analisar as respostas e as correções, refletindo o nível de acompanhamento de cada aluno sobre o assunto em discussão. A análise do conteúdo das respostas será utilizada como indicativo de possíveis progressos dos estudantes durante a aplicação do MI. Além disso, será aproveitada para comparação com os resultados obtidos com os Mapas e com o desempenho dos estudantes nas avaliações.

Para analisar o conteúdo das respostas, utilizamos um conjunto de instrumentos metodológicos que se aperfeiçoa constantemente e que se aplicam a discursos diversificados (Bardin, 1977). Tais instrumentos possuem objetivos bem definidos que servem para desvelar o que está oculto no texto.

O método da Análise de Conteúdo proposto por Bardin (ibid.) consiste em analisar a informação seguindo um roteiro pré-determinado. Esse roteiro inicia-se com *pré-análise*, na qual se escolhe os documentos, se formula hipóteses e objetivos para a pesquisa. Em seguida avança-se para a *exploração do material*, na qual se aplicam as técnicas específicas segundo os objetivos. E finaliza-se com o *tratamento dos resultados e interpretações*. Cada fase do roteiro segue regras bastante específicas, podendo ser utilizado tanto em pesquisas quantitativas quanto em pesquisas qualitativas.

Assim, ao se ter acesso às respostas dos estudantes, procurou-se refletir sobre as possíveis informações/conclusões que poderiam ser retiradas de sua análise. Em seguida todas as informações foram tabuladas e categorizadas, baseadas em critérios definidos de acordo com as características das respostas dos estudantes, e serão apresentados no próximo capítulo. Tendo em mãos esses dados categorizados, buscou-se interpreta-los em busca de evidências de AS e conectá-los com os resultados observados em outros instrumentos de análise.

### 3.5.3 – Desempenho nas Avaliações

As avaliações foram elaboradas/selecionadas mesclando questões contextualizadas com a zona rural e questões tradicionais, muitas já aplicadas em vestibulares das Universidades Brasileiras. As questões foram analisadas por dois professores de física, antes de serem aplicadas aos estudantes.

As duas primeiras avaliações (avaliações parciais) consistiam de seis questões cada, mesclando questões discursivas e objetivas, e se referiam a primeira e segunda parte do MI, respectivamente. A terceira e última avaliação foi constituída de doze questões, também mesclando questões objetivas e discursivas, e abrangia todo o conteúdo abordado no MI.

Os *resultados das avaliações parciais*, da avaliação final e das médias finais dos alunos foram analisados qualitativamente, buscando interpretar os resultados gerais,

eventuais problemas, e possíveis justificativas para os mesmos. Foi possível também estabelecer comparações com os resultados dos alunos em outros instrumentos de coletas de dados. Para tanto, as respostas dos alunos foram categorizadas de acordo com as características das mesmas, seguindo o roteiro já citado para Análise de Conteúdo.

#### **3.5.4 – Questionário de Opinião**

Com o objetivo de verificar a opinião dos estudantes acerca do MI e das atividades nele existentes, foi solicitado que respondessem um instrumento com oito perguntas objetivas e uma questão aberta acerca da contribuição proporcionada por cada um dos recursos utilizados ao longo do MI, a saber: Utilização de Experimentos; Visita ao Quitungo; Utilização de Elementos do Cotidiano da Zona Rural; Utilização de Vídeos; Utilização de Simulações Computacionais. As opções de respostas incluía uma avaliação, em uma escala variando de um valor de um (ruim) a cinco (ótimo).

Os aspectos abordados nas perguntas foram: Entendimento prévio do assunto; Despertar do interesse pelo assunto; Resposta a perguntas dirigidas à turma; Fazer espontaneamente perguntas sobre o assunto; Resolução de exercícios; Pensar em situações semelhantes; Compreensão do tema; Prender a atenção durante a aula; Outros aspectos que julgassem importantes.

As respostas dadas pelos alunos foram então categorizadas e analisadas de acordo com suas características, e procurou-se interpretar seus significados visando identificar pontos positivos e negativos da aplicação do Material.

#### **3.5.5 – Diário de Bordo**

O *diário de bordo* foi elaborado a partir das observações e reflexões do professor/mestrando, ao longo da aplicação do MI junto aos alunos. De acordo com Cañete (2010) os diários de bordo são escritas reflexivas. Ressalta ainda que este tipo de registro faz parte de um conjunto de documentos – dossiês, portfólios, memoriais, cadernos reflexivos, diários de aula, biografias, autobiografias e outros – que ultrapassa a escrita burocrática (como os diários de classe e os planejamentos) e tem a intenção de registrar a prática pedagógica do professor e possibilita



(re)pensá-la. Essa escrita pode permitir que o professor se configure como produtor de conhecimentos sobre a prática.

## CAPÍTULO 4

### ANÁLISE DE DADOS

Considerando a aplicação do Material Instrucional (MI) sobre Conservação de Energia, em uma escola da zona rural e os dados coletados através dos instrumentos descritos no Capítulo de Metodologia, o presente capítulo apresenta as análises e reflexões sobre estes dados e busca estabelecer resultados que possam contribuir para o entendimento da ocorrência da Aprendizagem Significativa (AS) na perspectiva de Ausubel.

Assim, na seção 4.1 é feita a análise dos Mapas Conceituais (MC) **iniciais e finais**, desenvolvidos pelos estudantes antes e depois da aplicação da primeira parte do conteúdo, bem como dos conceitos utilizados por eles em cada Mapa. Em seguida, na seção 4.2, analisam-se os resultados das três avaliações a que os alunos foram submetidos ao longo da aplicação do MI e busca-se encontrar possíveis evidências de AS, tais como captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema. A seção 4.3 abrange a análise das respostas dadas pelos estudantes às questões contidas no MI. Na seção 4.4 analisam-se as respostas dos alunos ao questionário que solicitou a opinião dos mesmos sobre o material utilizado. Finalmente, na seção 4.5, discute-se os registros e reflexões do professor/mestrando sobre a aplicação do MI, baseando-se nas anotações contidas no diário de bordo do mesmo.

## 4.1 – Análise Qualitativa dos Mapas Conceituais

Segundo Novak e Gowin (1999), os Mapas Conceituais (MC) podem ser avaliados utilizando-se critérios tanto qualitativos como quantitativos de análise. Portanto, para analisar os MCs elaborados antes e depois da intervenção em sala de aula, foi utilizada a estratégia proposta por MENDONÇA (2012) em cinco estudos realizados na área das Ciências Naturais, sobre conteúdos diferentes da grade de Biologia, com alunos do Ensino Fundamental I e II e licenciandos em Biologia, em três instituições diferentes, localizadas no estado de Pernambuco, na região Nordeste do Brasil. Sua pesquisa encontra-se embasada nos pressupostos teóricos da Teoria da AS, que possibilitaram a inserção e as análises progressivas de MC:

Os Mapas conceituais foram construídos *antes, durante e após* o estudo dos diferentes temas. A análise dos Mapas centrou-se nos processos de aprendizagem e avaliação e teve um enfoque qualitativo, buscando verificar se os alunos conseguiram relacionar os conceitos estudados, segundo os princípios ausubelianos da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa, investigando indícios de ocorrência de AS (MENDONÇA, 2012, p.25).

Embora neste trabalho os estudantes tenham desenvolvidos apenas dois MC, um antes e outro depois da aplicação da primeira parte do MI, entendemos que não inviabiliza a utilização desta estratégia (ibid.) para a análise dos mesmos. Vale realçar que a autora utilizou-se de outras ferramentas de coletas de dados em sua pesquisa, tais como anotações no caderno de observações da pesquisadora sobre atividades de classe e extraclasse, gravações das apresentações dos MC em fitacassete, pré-testes, pós-testes, avaliações finais do conteúdo, questionários avaliativos e entrevistas semiestruturadas. A pesquisa da autora revelou que os MC auxiliaram na observação da mudança de significados atribuídos aos conceitos que estavam sendo trabalhados. Foi possível observar indícios de que o uso dos MC promoveu ganhos na AS em todos os contextos investigados.

Mendonça (ibid.) estabeleceu critérios de classificação qualitativos no que se refere aos graus de Hierarquia Conceitual (HC), com base nas estratégias para avaliação de MC propostas por Novak (2000) e nos princípios programáticos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa de Ausubel (2002). A partir da HC demonstrada, os MC dos alunos foram classificados de acordo com os parâmetros indicados no Quadro 4.1.

No estudo de Mendonça (ibid.), para fazer uma análise comparativa qualitativa dos

três MC elaborados, foi proposta também uma classificação da Qualidade do Mapa (QM) em três categorias: Mapa Bom (MB), Mapa Regular (MR) e Mapa Deficiente (MD). Os critérios considerados para esta classificação estão apresentados no Quadro 4.2.

<b>Categorias</b>	<b>Características</b>	<b>Informações relevantes</b>
<b>Alta (A)</b> Possui conceitos relevantes para compreensão do tema.	Contém informações conceituais relevantes; está bem hierarquizado, com o conceito inclusor no topo, em seguida os intermediários e posteriormente os mais específicos e os exemplos.	Palavras de ligação adequadas; com ligações cruzadas; ausência de repetição de conceitos e informações supérfluas; proposições corretas.
<b>Média (M)</b> Indica pouca compreensão do tema.	Apresenta alguns conceitos centrais do tema, mas com uma hierarquia apreciável.	As palavras de ligação e os conceitos não estão claros. Pode realizar ligações cruzadas ou não. Muitas informações detalhistas e a repetição de conceitos.
<b>Baixa (B)</b> Indica ausência de compreensão do tema.	Apresenta um ou dois conceitos centrais do tema; muito pobre em conceitos sobre o conteúdo trabalhado.	Possui hierarquia básica, demonstrando ou não sequências lineares e conhecimentos muito simples. Faltam relações cruzadas, com palavras de ligação; são muito simples.
<b>Nula (N)</b> Indica completa ausência de compreensão do tema.	Não apresenta os conceitos centrais do tema; muito pobre em conceitos sobre o conteúdo trabalhado.	Não há uma hierarquia básica, demonstra sequências lineares e conhecimentos simples.

**Quadro 4.1:** *Categorias de análise da Hierarquia Conceitual, estabelecidas por Mendonça (2012).*

Continuando na perspectiva de se fazer uma análise qualitativa comparativa dos MC elaborados, Mendonça (ibid.) buscou ainda identificar evidências de AS nos Mapas dos alunos, através dos seguintes Critérios Quantitativos (CQ): número total de conceitos (TC); número de conceitos válidos (CV); número total de proposições (TP); proposições válidas (PV); relações cruzadas (RCZ); número de exemplos (EX).

<b>Categorias</b>	<b>Características</b>	<b>Informações relevantes</b>
<b>MC Bom (MB)</b> Indica maior compreensão do tema.	Contém informações conceituais relevantes; está bem hierarquizado, com o conceito inclusor no topo, em seguida os intermediários e posteriormente os mais específicos e os exemplos.	Palavras de ligação adequadas; com ligações cruzadas; ausência de repetição de conceitos e informações supérfluas; proposições corretas, presença ou não de exemplos.
<b>MC Regular (MR)</b> Indica pouca compreensão do tema.	Apresenta alguns conceitos centrais do tema, mas com uma hierarquia apreciável.	As palavras de ligação e os conceitos não estão claros. Pode realizar ligações cruzadas ou não. Muitas informações detalhistas e a repetição de conceitos.

<b>MC Deficiente (MD)</b> Indica ausência de compreensão do tema.	Não apresenta os conceitos centrais do tema; muito pobre em conceitos sobre o conteúdo trabalhado.	Hierarquia básica, demonstrando sequências lineares e conhecimentos muito simples. Faltam relações cruzadas, com palavras de ligação; são simples.
--	--	--

**Quadro 4.2:** *Categorias de Análise da Qualidade do MC, estabelecidas por Mendonça (2012).*

O Quadro 4.3 apresenta uma definição para cada um destes critérios quantitativos considerados para a classificação dos Mapas.

<b>Crítérios</b>	<b>Definição</b>
<b>Conceitos</b>	Palavras inseridas nos mapas que estão no interior de um quadrado ou círculo.
<b>Conceitos Válidos</b>	São palavras que estão relacionados direta ou indiretamente ao assunto. Verbos não são considerados conceitos válidos assim como frases que não possuem sentido claro.
<b>Proposições</b>	Foram consideradas as “linhas” que fazem a ligação entre dois ou mais conceitos. Nessas proposições podem haver palavras de ligação, mas não são obrigatórias.
<b>Proposições Inválidas</b>	São as “linhas” com ou sem palavras de ligação que não possuem sentido na união entre dois conceitos.
<b>Relações Cruzadas</b>	São proposições que atravessam níveis hierárquicos, realizando uma ligação direta entre os lados.
<b>Exemplos</b>	Referem-se a modelos que servem para indicar uma aplicação direta do tema.

**Quadro 4.3:** *Definição dos critérios quantitativos utilizados para classificação dos MC's.*

A partir de todos os critérios propostos por Mendonça (ibid.) apresentados nos Quadros 4.1 e 4.2, e dos Critérios Quantitativos (CQ), os MC desenvolvidos pelos estudantes foram analisados e classificados e os resultados estão mostrados na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1:** *Classificação dos MC desenvolvidos pelos estudantes, de acordo com os critérios propostos por Mendonça (2012). (Continua)*

<b>Alunos</b>	<b>Mapa</b>	<b>Crítérios</b>							
		<b>HC</b>	<b>TC</b>	<b>CV</b>	<b>TP</b>	<b>PV</b>	<b>RCZ</b>	<b>EX</b>	<b>QM</b>
<b>A1</b>	Antes	M	13	13	15	9	2	-	MR
	Depois	M	12	12	12	6	1	-	MR
<b>A2</b>	Antes	M	8	8	7	7	-	1	MR
	Depois	A	11	11	11	11	1	-	MB
<b>A3</b>	Antes	B	5	5	4	-	-	-	MD
	Depois	B	7	7	6	5	-	-	MD
<b>A4</b>	Antes	B	11	11	10	4	-	-	MD
	Depois	B	7	7	6	1	-	-	MD
<b>A5</b>	Antes	B	8	8	9	3	1	-	MD
	Depois	M	11	11	14	7	3	-	MR

**Tabela 4.1:** Classificação dos MC desenvolvidos pelos estudantes, de acordo com os critérios propostos por Mendonça (2012). (Continuação)

<b>A6</b>	Antes	B	7	7	7	3	1	-	MD
	Depois	M	11	11	10	9	1	-	MR
<b>A7</b>	Antes	B	6	6	5	3	-	-	MD
	Depois	M	7	7	6	4	-	-	MR
<b>A8</b>	Antes	B	9	8	11	4	3	-	MD
	Depois	M	8	8	10	5	3	-	MR
<b>A9</b>	Antes	M	14	11	14	3	-	-	MR
	Depois	B	12	9	11	4	-	-	MD
<b>A10</b>	Antes	B	11	9	10	8	-	2	MD
	Depois	M	10	10	11	8	2	-	MR
<b>A11</b>	Antes	B	9	9	9	4	1	-	MD
	Depois	M	10	10	5	5	-	-	MR
<b>A12</b>	Antes	B	10	9	10	3	1	-	MD
	Depois	M	14	14	15	11	2	2	MB
<b>A13</b>	Antes	B	9	9	11	2	2	-	MD
	Depois	B	12	11	12	3	1	-	MD
<b>A14</b>	Antes	M	12	10	11	2	-	-	MR
	Depois	M	11	11	12	7	2	3	MR
<b>A15</b>	Antes	B	7	7	6	1	-	-	MD
	Depois	B	8	8	7	6	-	-	MR
<b>A16</b>	Antes	B	11	11	10	2	-	-	MD
	Depois	N	11	11	10	-	-	-	MD
<b>A17</b>	Antes	M	14	11	12	3	-	-	MR
	Depois	M	16	16	13	7	1	-	MR
<b>A18</b>	Antes	B	6	5	5	3	-	-	MD
	Depois	B	8	8	9	5	2	-	MD
<b>A19</b>	Antes	N	10	5	9	-	-	-	MD
	Depois	B	10	6	9	2	-	-	MD
<b>A20</b>	Antes	B	11	11	11	4	1	-	MD
	Depois	A	13	13	13	13	1	-	MB
<b>A21</b>	Antes	M	12	12	11	6	-	-	MR
	Depois	A	11	11	11	10	1	-	MB

Legenda: **HC** = Hierarquia Conceitual; **TC** = Total de Conceitos; **CV** = Conceitos Válidos; **TP** = Total de Proposições; **PV** = Proposições Válidas; **RCZ** = Relações Cruzadas; **EX** = Exemplo; **A** = Alta; **M** = Média; **B** = Baixa; **N** = Nula; **QM** = Qualidade do Mapa; **MB** = Mapa Bom; **MR** = Mapa Regular; **MD** = Mapa Deficiente.

De posse dos resultados mostrados na Tabela 4.1, é feita a seguir uma análise dos MC elaborados pelos estudantes em relação aos Critérios Quantitativos, à Hierarquia Conceitual e a Qualidade do Mapas.

Para analisar os MC levando-se em consideração os Critérios Quantitativos, foram somados os valores numéricos da Tabela 4.1, para os Mapas **iniciais** e  **finais** e os resultados estão apresentados na Tabela 4.2 abaixo, juntamente com as diferenças existentes entre eles.

**Tabela 4.2:** Classificação dos MC iniciais e finais, desenvolvidos pelos estudantes antes e depois da instrução, em relação aos Critérios Quantitativos. Para o cálculo da diferença percentual, foi considerado o menor valor entre eles como referência (100%).

Critérios Quantitativos	Conceitos, proposições, relações cruzadas e exemplos					
	TC (%)	CV (%)	TP (%)	PV (%)	RCZ (%)	EX (%)
<b>Inicial</b>	203	185	197	74	12	2
<b>Final</b>	220	212	213	129	21	5
<b>Diferença</b>	17 (8.4)	27 (14.6)	16 (8.1)	54 (74.3)	9 (75.0)	3 (150.0)

Legenda: **TC** = Total de Conceitos; **CV** = Conceitos Válidos; **TP** = Total de Proposições; **PV** = Proposições Válidas; **RCZ** = Relações Cruzadas; **EX** = Exemplo.

A análise da Tabela 4.2 mostra o número de proposições válidas (PV) encontradas nos MC realizados antes da instrução. Inicialmente elas representavam 38% (74 de 197) do total de proposições (TP). As demais (123) proposições foram consideradas não válidas, seja pela utilização de conceitos não válidos, por usarem palavras de ligação equivocadas ou por não expressar uma ideia coerente. Entretanto, quando analisamos os MC feitos depois da aplicação da primeira parte do MI, podemos observar um aumento significativo do número de proposições válidas, passando a representar agora 61% do total (129 de 213).

Outro ponto positivo a ser destacado é o aumento considerável de relações cruzadas nos Mapas **finais**. A presença de relações cruzadas é um indicativo da ocorrência de reconciliação integrativa, ou seja, os alunos podem ter desenvolvido conexões entre conceitos mais específicos do tema com conceitos mais gerais e com outros conceitos específicos. Como é possível observar na Tabela 4.2, a quantidade de relações cruzadas sofreu um crescimento de 75%, aumentando de 12 para 21.

Além disso, não só a quantidade de conceitos utilizados aumentou, como também, e principalmente, a quantidade de conceitos válidos. Nos MC realizados depois, 96% do total de conceitos (212 de 220), foram considerados válidos. Foi possível observar também um aumento na quantidade de exemplos citados nos MC, ainda que em valores absolutos pequenos (2 antes, 5 depois).

Em média, todos os aspectos analisados aumentaram no Mapa desenvolvido depois da instrução, sendo este um indicativo da ocorrência de AS dos estudantes sobre os conteúdos estudados. Pode-se dizer ainda que, em média, os alunos tiveram maior clareza das ideias que queriam expressar nos MC depois da instrução, sugerindo que as informações recebidas podem ter interagido com a estrutura cognitiva dos

alunos. Mendonça (2012) reforça esta ideia apontando que caso não haja clareza, a quantidade de proposições válidas e de conceitos importantes no MC será baixa. Reforça essa possibilidade o fato de que na aprendizagem mecânica, o novo conhecimento ficaria localizado arbitrariamente na estrutura conceitual do aprendiz, sem ligar-se a subsunções específicos. Isso tenderia a aparecer no MC na forma de proposições não válidas.

Assim, como foi possível observar um aumento na quantidade de proposições válidas e os conceitos mais importantes foram encontrados nos MC  **finais**, isso é um indicativo de êxito do MI para a promoção da AS dos alunos. O aumento na quantidade de relações cruzadas reforça essa hipótese, pois implica em maior ocorrência de Reconciliação Integrativa e, portanto, de Diferenciação progressiva (MOREIRA 1999).

Os MC do aluno A20 ilustram a classificação dos Mapas, em relação aos Critérios Quantitativos. Na Figura 4.1, que mostra o Mapa  **inicial**, podemos observar a presença de sequências lineares, o que torna boa parte das proposições sem nexo, tais como “caixas da roda com peso”, “força exercida água”, “bica sai água”. Por esse motivo, das onze proposições encontradas no MC, apenas quatro foram consideradas válidas, a saber: gerador produz energia, energia é fundamental (para) seres humanos, seres humanos constroem quitungo e gerador funciona através (de) força. O aluno utilizou onze conceitos e todos foram considerados válidos. É possível observar ainda a presença de uma relação cruzada e não aparecem exemplos.



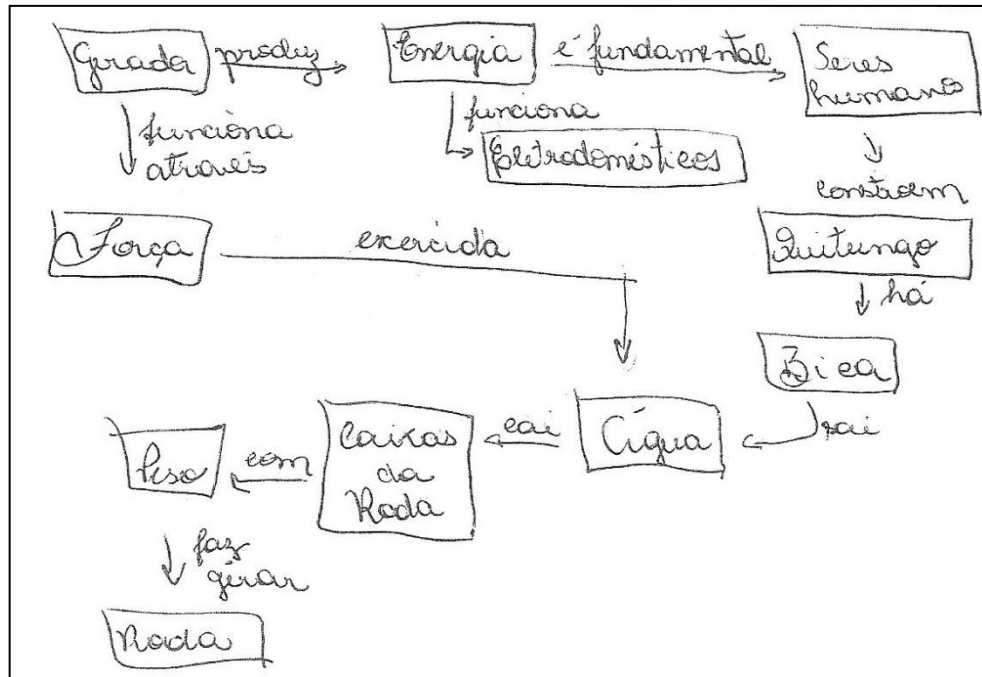


Figura 4.1: MC inicial do aluno A20.

Já no Mapa **final**, feito pelo aluno A20 podemos observar relações mais bem estruturadas, sem a presença de sequências lineares. Esse MC possui treze conceitos e treze proposições, sendo todos considerados válidos. Além disso, apresenta uma relação cruzada e nenhum exemplo.

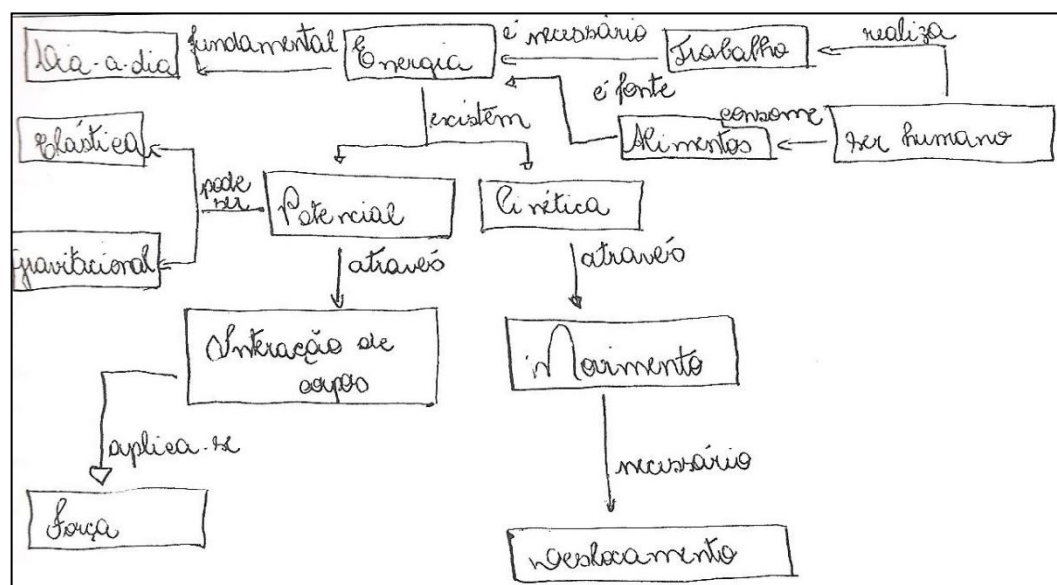


Figura 4.2: MC final do aluno A20.

Para analisar os MC levando-se em consideração agora a Hierarquia Conceitual dos MC, foi calculada a quantidade de Mapas classificados com hierarquia Nula, Baixa,

Média e Alta apresentada na Tabela 4.1, para os Mapas **iniciais** e  **finais** e os resultados estão mostrados na Tabela 4.3.

**Tabela 4.3:** *Número e percentual de MC desenvolvidos pelos estudantes antes e depois da instrução classificados quanto à hierarquia conceitual (HC).*

Hierarquia Conceitual	Nula (%)	Baixa (%)	Média (%)	Alta (%)	Total (%)
<b>Mapa Antes</b>	1 (4,8)	14 (66,7)	6 (28,6)	0 (0,0)	21 (100)
<b>Mapa Depois</b>	1 (4,8)	7 (33,3)	10 (47,6)	3 (14,3)	21 (100)

É possível observar que, de modo geral, houve uma redução na quantidade de MC com Hierarquia Conceitual Baixa e aumento na quantidade de Mapas com Hierarquia Média e Alta. Apenas dois alunos apresentaram uma diminuição na HC dos Mapas. Segundo Mendonça (ibid.), a estrutura do MC e a hierarquização de conceitos são indicadores da ocorrência de Diferenciação Progressiva na estrutura cognitiva dos estudantes. Assim, esses resultados positivos são indicativos da ocorrência de AS durante a aplicação da primeira parte do MI.

O Mapa **inicial** do aluno A20, indicado na Figura 4.1 (p. 45), por exemplo, foi classificado como Hierarquia Conceitual Baixa, por possuir hierarquia básica, demonstrando sequências lineares e conhecimentos muito simples. Além disso, possui uma relação cruzada. Já o Mapa **final**, indicado na Figura 4.2 (p. 45), apresenta, como já dito, maior número de proposições e conceitos válidos. Contém palavras de ligação mais adequadas; com uma ligação cruzada; ausência de repetição de conceitos e informações supérfluas. Devido a isso, a Hierarquia Conceitual do Mapa foi considerada alta.

Por último, para analisar os MC levando-se em consideração a Qualidade dos Mapas, foi calculada a quantidade de MC categorizados como deficientes (MD), regulares (MR) e bons (MB), apresentada na Tabela 4.1, para os Mapas **iniciais** e  **finais** e os resultados estão mostrados na Tabela 4.4.

**Tabela 4.4:** *Número (percentual) de MC desenvolvidos pelos estudantes antes e depois da instrução classificados quanto à qualidade dos Mapas (QM).*

Qualidade dos Mapas	MD (%)	MR (%)	MB (%)	Total (%)
<b>Mapa inicial</b>	15 (71,4)	6 (28,6)	0 (0,0)	21 (100)
<b>Mapa final</b>	7 (33,3)	9 (42,9)	5 (23,8)	21 (100)

A exemplo do que foi observado em relação à Hierarquia Conceitual, é possível notar também que antes da instrução a grande maioria dos Mapas foi considerada Deficiente. Depois da instrução a maioria passou a ser de Mapas Regulares e Bons.

Outro fato relevante que antes nenhum Mapa foi classificado como Bom e depois, houveram cinco Mapas com esta classificação. Dados que, através do MC, o estudante pode explicitar sua estrutura conceitual sobre determinado conteúdo e que os Mapas  **finais**  apresentam uma, em média, um estrutura mais bem organizada, é possível novamente observar indícios da ocorrência de AS.

O Mapa  **inicial**  do aluno A20, indicado na Figura 4.1 (p. 45), foi classificado, quanto à Qualidade, como Mapa Deficiente, por não apresentar os conceitos centrais do tema e por possuir hierarquia básica. Já o Mapa  **final** , indicado na Figura 4.2 (p. 45), foi classificado como Mapa Bom, pois contém informações conceituais relevantes e está bem hierarquizado.

Os resultados das Tabelas 4.3 e 4.4 evidenciam que, em média, houve uma melhora tanto na Hierarquia Conceitual dos Mapas quanto na Qualidade dos Mapas, desenvolvido depois da instrução. Isto sugere que houve uma captação de significados por parte dos estudantes, indicando que o ensino proporcionado pela utilização do MI pode ter contribuído para a ocorrência de AS.

A seguir, será feita uma classificação de todos os conceitos inseridos nos MC antes e depois, visando analisar as características e evolução dos conceitos utilizados.

## 4.2 – Análise dos Conceitos Presentes nos Mapas Conceituais

Mendonça (ibid.) aponta ainda, como aspecto importante a ser considerado na análise, a evolução dos conceitos utilizados nos dois Mapas construídos. Se os conceitos novos incluídos nos Mapas  **finais**  corresponderem aos aspectos mais centrais e gerais do tema, isso constitui um indicador de sucesso do processo de ensino/aprendizagem. Por outro lado, se os  *melhores*  conceitos estiverem presentes nos dois MC, isso revela que a influência do ensino no conhecimento dos alunos foi insignificante.

Para melhor analisar a evolução conceitual dos Mapas, os conceitos utilizados foram categorizados da seguinte forma: Grandezas Físicas, Fenômenos Físicos, Utilização de Energia, Geração de Energia e Outros. As definições de cada categoria de agrupamento de conceitos estão descritas no Quadro 4.4.

<b>Categorias</b>	<b>Definição</b>	<b>Exemplos</b>
<b>Grandezas Físicas</b>	Nesta categoria estão inseridos os conceitos que se enquadram como grandezas físicas, ou seja, tudo aquilo que é suscetível de avaliação, sendo esta realizada com instrumentos e expressa em padrões previamente definidos e aceitos pela comunidade científica (STEFFENS, VEIT E SILVEIRA, 2008).	Energia, Trabalho e Força.
<b>Fenômenos Físicos</b>	Nesta categoria foram inseridos os conceitos que envolvem fenômenos Físicos. Fenômeno Físico é todo fato ou transformação que ocorre com os corpos, não alterando sua natureza. (ibid.)	Movimento, choque elétrico e curto circuito.
<b>Utilização de Energia</b>	Nesta categoria estão inseridos os conceitos citados pelos alunos como mecanismos que utilizam energia para seu funcionamento.	Indústria, veículos, Ser humano.
<b>Geração de Energia</b>	Nesta categoria estão inseridos todos os conceitos que os alunos relacionaram com geração de energia. Incluem-se aqui geradores, quitungos, mas também elementos que ocupam algum papel na geração, como combustível e água.	Gerador, Quitungo e Alimento.
<b>Outros</b>	Nessa categoria foram inseridos os conceitos indicados como não válidos, na classificação dos MC, os que apareceram mais de uma vez em um mesmo MC e os que não se enquadram nas demais categorias acima.	Lavoura, saúde, todos e um grande.

**Quadro 4.4:** *Categorias utilizadas na classificação das palavras utilizadas nos MC.*

Considerando cada uma das categorias definidas no Quadro 4.4, realizamos também a substituição de palavras que possuem significados semelhantes, visando facilitar a visualização e análise dos conceitos utilizados pelos estudantes para a construção do seu respectivo MC. As palavras utilizadas para as substituições estão mostradas no Quadro 4.5.

<b>Palavras Substitutas</b>	<b>Exemplos</b>
Ser humano	Corpo, pessoa, nós, ser humano, homem, atleta.
Veículos	Moto, Carrinho de mão, Carro, Trem.
Máquinas Elétricas	Maquina, Transformador, Aparelho Eletrônico, Eletrodoméstico, Televisão, Geladeira, Motor.
Água	Água, represa, lago, barragem, maré, bica, rio.
Quitungo	Quitungo, caixas da roda, Roda d'água.
Financeiro	Consumidor, dinheiro, emprego, conta, dívida.
Transmissão de energia	Poste, 110 V e 220 V, fio.
Verbo/ação	Utilizar, usar, consumir, avançar, queimar, viciar, deslocar.
Aparelhos Funcionem	Aparelhos Funcionem, moto em movimento, geladeira funcionar.

**Quadro 4.5:** *Palavras utilizadas para substituir conjunto de palavras com significados semelhantes.*

De posse das definições dos Quadros 4.4 e 4.5, procedemos a classificação das palavras utilizadas pelos estudantes para a construção dos seus respectivos MC. As Tabelas 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9 apresentam as palavras e a quantidade de vezes que

elas foram utilizadas nos MC desenvolvidos pelos estudantes.

**Tabela 4.5:** *Conceitos presentes nos MC, relacionados a grandezas físicas.*

Grandezas Físicas		
Conceito	Antes	Depois
Energia	21	21
Trabalho	2	20
Força	5	16
Energia Potencial	0	13
Energia Elástica	0	7
Energia Gravitacional	0	9
Energia Cinética	0	17
Deslocamento	0	7
Resistência elétrica	1	0
Cargas elétricas	1	0
Tração	1	0
Massa	1	0
Força Elástica	0	1
Força Elétrica	1	0
Voltagem	1	0
Força Gravitacional	1	2
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>113</b>

A análise da Tabela 4.5, que apresenta os conceitos presentes nos MC que representam grandezas físicas, mostra um grande aumento na quantidade de grandezas físicas citadas nos MC  **finais**, principalmente as relacionadas ao estudo de trabalho e energia. Além disso, das 35 grandezas utilizadas inicialmente, 21 se referem à energia, que era o conceito principal. Apenas 14 grandezas físicas, portanto, foram citadas nos MC, se excluirmos o conceito central. Este resultado aponta para uma incorporação de conceitos científicos na estrutura conceitual cognitiva dos estudantes.

**Tabela 4.6:** *Conceitos presentes nos MC, relacionados a fenômenos físicos.*

Fenômenos físicos		
Conceito	Antes	Depois
Luz	8	0
Movimento	1	19
Eletricidade	7	0
Fenômeno Físico	1	0
Choque elétrico	2	0
Curto circuito	1	0
Interação de corpos	0	1
Clareza	2	0
Gravidade	0	2
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	<b>22</b>

Já a Tabela 4.6, que apresenta os conceitos presentes nos MC que representam

fenômenos físicos, mostra que a quantidade de fenômenos encontrados **antes** e **depois** não se altera. Todavia, os conceitos que aparecem nos MC  **finais** se relacionam, em geral, com movimento, enquanto que antes se relacionavam, principalmente, com eletricidade. Este resultado parece indicar um aumento na percepção dos alunos da relação existente entre Energia e Movimento, ampliando a concepção do senso comum de que Energia esteja associada diretamente e somente ao conceito de Energia Elétrica.

**Tabela 4.7:** *Conceitos presentes nos MC, relacionados com utilização de energia.*

Utilização de energia		
Conceito	Inicial	Final
Indústria	3	0
<b>Máquinas Elétricas</b>	21	2
Casa	5	3
<b>Veículos</b>	1	5
<b>Ser humano</b>	12	17
Escola	2	0
Arco	0	1
Roleta	1	0
Estilingue	0	9
Lâmpada	5	0
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>37</b>

A quantidade de conceitos relacionados aos mecanismos de utilização e geração de energia, representados nas Tabelas 4.7 e 4.8 respectivamente, sofreu uma redução nos MC  **finais**. A análise dos Mapas permitiu constatar que inicialmente os alunos relacionavam Energia principalmente com esses dois aspectos (utilização e geração de energia), principalmente com a energia elétrica.

**Tabela 4.8:** *Conceitos presentes nos MC, relacionados à geração de energia.*

Geração de energia		
Conceito	Inicial	Final
<b>Água</b>	24	8
<b>Quitungo</b>	7	4
Gerador	6	0
Escelsa	2	0
Alimento	3	12
Solar	1	0
Vento	4	1
Sol	4	0
Terra	0	2
Usina	3	0
Pilha	1	0
Hidroelétrica	1	0
Combustível	0	5
<b>TOTAL</b>	<b>56</b>	<b>32</b>

Com a aplicação do MI eles passaram a utilizar-se principalmente de grandezas físicas para escrever sobre energia. Isso sugere que o tipo de conceitos relacionados à Energia, presentes na estrutura cognitiva dos estudantes sofreu uma alteração devido à aplicação do MI.

A Tabela 4.9 mostra os conceitos presentes nos MC classificados como Outros. Estes são os que não fazem parte das categorias consideradas, pelo autor, como mais importantes de serem representadas nos MC, ou representam ações, verbos ou palavras que deveriam ser usadas como ligação, não como conceito. É possível observar que houve uma redução considerável dessa categoria. Antes eles representavam 18 % dos conceitos utilizados. Depois passaram a representar 8%.

**Tabela 4.9:** *Conceitos presentes nos MC classificados como outros.*

<b>Outros</b>		
Conceito	Inicial	Final
Rua	2	1
<b>Transmissão de energia</b>	10	0
Dia a dia	0	1
Farinha	1	0
<b>Financeiro</b>	4	1
Banho	1	0
Mão de obra	1	0
Lavoura	1	0
Saúde	0	1
Cansaço	0	1
Esforço	0	1
Objeto	0	3
Tecnologia	2	0
Produção	1	0
Estrago	0	1
<b>Verbos/ação</b>	7	3
Serventia	1	0
Todos	1	0
Lugar	1	0
<b>Aparelhos funcionem</b>	2	1
Transformada	1	0
Um grande	0	1
Funções	2	0
Renda	1	0
Gera Energia	0	1
Reação	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>17</b>

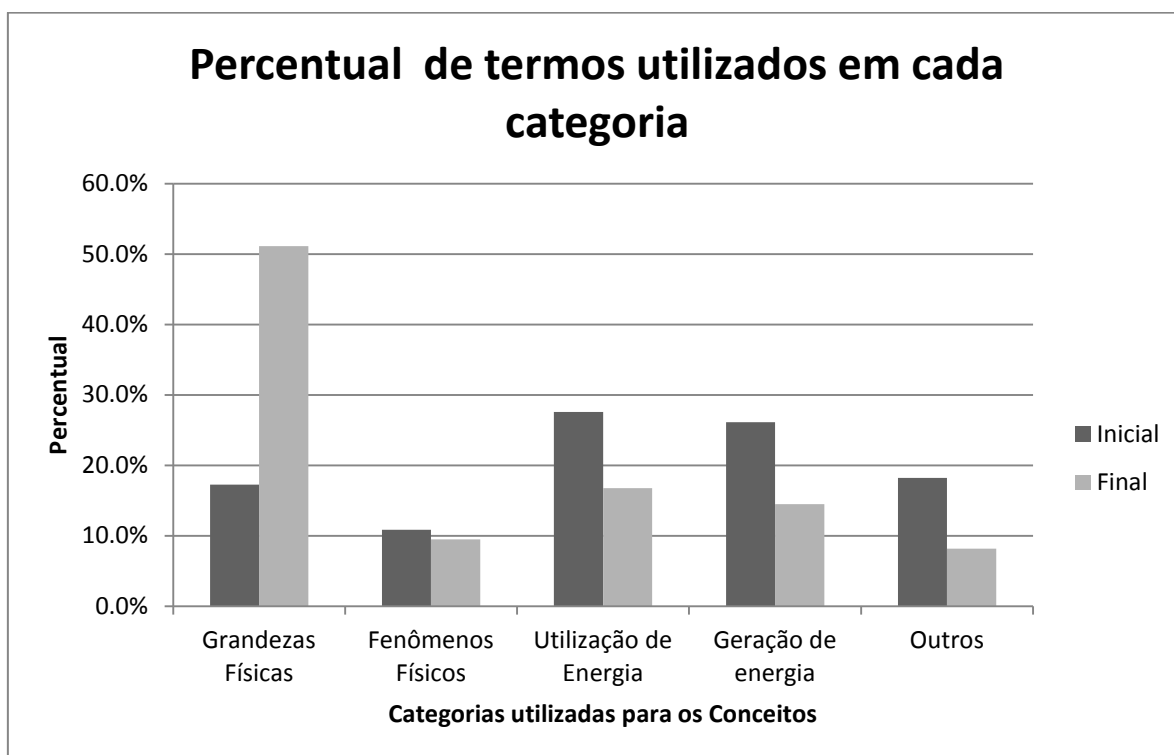
Para uma visualização mais geral destes resultados, as quantidades totais antes e depois de cada categoria criada foram compiladas na Tabela 4.10. É possível observar que a categoria que mais sofreu alteração foi a de grandezas físicas que

passaram a representar 51,1% das palavras utilizadas, sendo que antes eram apenas 17,2%.

**Tabela 4.10:** *Quantidade (percentual) de termos utilizados, de acordo com cada categoria.*

CONCEITOS	INICIAL (%)	FINAL(%)
<b>Grandezas Físicas</b>	35 (17,2)	113 (51,1)
<b>Fenômenos Físicos</b>	22 (10,8)	21 (9,5)
<b>Utilização de Energia</b>	56 (27,6)	37 (16,7)
<b>Geração de energia</b>	53 (26,1)	32 (14,5)
<b>Outros</b>	37 (18,2)	18 (8,1)
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>203 (100)</b>	<b>221 (100)</b>

Estes resultados podem ser ainda melhor visualizados no Gráfico 4.1.



**Gráfico 4.1:** *Quantidade (percentual) de termos utilizados, de acordo com cada categoria.*

A quantidade de grandezas físicas depois da instrução se destaca em relação aos valores antes da instrução. Este parece ser o principal resultado desta categorização de conceitos, além de ser um indicativo de incorporação de conceitos científicos na estrutura conceitual cognitiva dos estudantes. Além disso, estes conceitos incluídos nos Mapas  **finais**  correspondem aos aspectos mais centrais e gerais do tema, constituindo-se de um indicador de sucesso do processo de ensino/aprendizagem (MENDONÇA, 2012).



Outro aspecto que se destaca é a redução de conceitos menos importantes, categorizados com Outros, pois a construção de um MC exige que se dê prioridade aos conceitos selecionados e faça uso prudente deles (MENDONÇA, 2012). Isso pode representar, portanto, maior clareza por parte dos alunos e uma melhor seleção de conceitos a serem utilizados.

O aumento da quantidade de Grandezas Físicas reforça essa ideia, pois o ensino de física tem, dentre outros objetivos, o de promover o entendimento dos Fenômenos Físicos através na análise das Grandezas Físicas. Estas representam as relações entre as propriedades observadas no estudo dos fenômenos. Isso está em consonância com o fato de que a quantidade de conceitos relacionados a Fenômenos Físicos praticamente não se altera. Isso sugere que o que altera não é o mundo que o aluno enxerga ao seu redor mas sim a capacidade de explicá-lo. De forma geral, portanto, a análise dos conceitos utilizados traz indicativos de uma possível AS.

A elevação da hierarquia conceitual dos Mapas progressivos, bem como da quantidade dos conceitos e proposições válidas e a melhor seleção de palavras encontradas nos Mapas  **finais**, indica uma possível ocorrência de AS. Essa observação é um indicativo de que o MI possa ter tido êxito, visto que, de acordo com Moreira (2011b, p. 5) “A UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de AS”. Todavia, visando ampliar essa discussão e buscar novas evidências, passamos a análise dos dados coletados através do demais instrumentos utilizados.

### 4.3 - Análise das Avaliações

Nessa seção será mostrada a análise das avaliações a que os alunos foram submetidos. De acordo com o estabelecido no ponto 8 da UEPS, a avaliação do desempenho dos alunos deve fornecer evidências de AS ou seja, captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema. Para analisar o resultado das avaliações, utilizamos um conjunto de instrumentos metodológicos baseados no método de Análise de Conteúdo, proposta por Bardin (1977). Tais instrumentos possuem objetivos bem definidos que servem para desvelar o que está oculto no texto.

O método da Análise de Conteúdo proposto por Bardin (ibid.) consiste em analisar a informação seguindo um roteiro pré-determinado. Esse roteiro inicia-se com *pré-análise*, na qual se escolhe os documentos, se formula hipóteses e objetivos para a pesquisa. Em seguida avança-se para a *exploração do material*, na qual se aplicam as técnicas específicas segundo os objetivos. E finaliza-se com o *tratamento dos resultados e interpretações*. Cada fase do roteiro segue regras bastante específicas.

Neste caso, ao se ter acesso às respostas dos estudantes, formulamos uma série de hipóteses em relação ao rendimento dos alunos e em relação à capacidade de lidar com problemas dentro e fora do contexto observado em sala de aula. A partir disso, foram criadas uma série de tabelas e categorias visando explorar os dados. Em seguida, buscou-se interpretar os dados em busca de evidências de AS (MOREIRA, 2011b).

**Tabela 4.11:** *Rendimento dos alunos nas três avaliações e média geral.*

Aluno	1ª Avaliação	2ª Avaliação	3ª Avaliação	Média Geral
1	62,5%	91,7%	50,0%	68,1%
2	66,7%	100,0%	72,2%	79,6%
3	83,3%	50,0%	40,7%	58,0%
4	54,2%	58,3%	30,7%	47,7%
5	72,5%	100,0%	48,3%	73,6%
6	79,2%	83,3%	58,3%	73,6%
7	72,5%	100,0%	62,5%	78,3%
8	62,5%	50,0%	46,3%	52,9%
9	93,3%	100,0%	53,9%	82,4%
10	100,0%	75,0%	66,7%	80,6%
11	79,2%	50,0%	47,2%	58,8%
12	76,7%	83,3%	53,5%	71,2%
13	2,5%	16,7%	42,5%	20,6%
14	72,5%	83,3%	34,2%	63,3%
15	95,8%	91,7%	61,1%	82,9%
16	82,5%	83,3%	40,7%	68,8%
17	82,5%	66,7%	75,0%	74,7%
18	55,8%	33,3%	38,9%	42,7%
19	41,7%	66,7%	37,2%	48,5%
20	56,7%	100,0%	44,4%	67,0%
21	75,0%	91,7%	72,9%	79,9%
<b>Média da Turma</b>	<b>69,9%</b>	<b>75,0%</b>	<b>51,3%</b>	<b>65,4%</b>

Conforme descrito no Capítulo 3, os alunos foram submetidos a duas avaliações parciais e a uma terceira avaliação final e geral, durante a aplicação do MI. A primeira avaliação abrangia os conceitos de Trabalho e Energia. A segunda avaliação abrangia os cálculos e conceitos de Trabalho e Energia. A avaliação final abrangia todo o conteúdo abordado no MI, incluindo também o conceito de Potência e o Princípio da Conservação de Energia Mecânica. A análise dos resultados das avaliações foi feita tabulando as respostas dos alunos em cada avaliação, considerando a nota variando de 0,0 (zero) a 10,0 (dez) e o resultado convertido para rendimento percentual, e a média final. Os resultados estão mostrados na Tabela 4.11.

### Primeira Avaliação

A média da turma nessa avaliação foi de 69,9%. Esse resultado, por si só, parece indicar que houve um aprendizado dos conceitos isolados de trabalho e energia. Todavia, para buscar maiores indícios, será feita uma análise mais detalhada de algumas questões da avaliação.

O teor da primeira questão foi:

**Questão 01.** *No desenvolvimento de nossas aulas podemos analisar os conceitos de energia e trabalho. Vimos diversas situações em que eles se aplicam e chegamos à uma definição dos mesmos. Portanto, escreva, com suas palavras, o que entendeu sobre os conceitos de energia e trabalho mostrando onde eles aparecem e como podem ser utilizados em nosso dia a dia.*

Do total de 21 alunos, 19 explicaram corretamente o conceito de Energia, 1 teve a resposta classificada como parcialmente correta e apenas 1 aluno teve a resposta tida como incorreta. Em relação ao conceito de Trabalho 12 alunos responderam de forma correta e 5 parcialmente corretos. Neste caso, 4 alunos tiveram suas respostas classificadas como incorretas por não conter as informações básicas sobre Trabalho. Isso sugere, como já dito, uma possível capacidade de explicar e resolver situações problemas por boa parte dos alunos.

A quarta questão amplia essa discussão, na medida em que continha exemplos e situações que não estavam presentes no MI, já que o mesmo utilizou elementos

presentes no contexto da zona rural.

**Questão 04.** (UEPB) O princípio da conservação da energia constitui uma das grandes generalizações científicas elaboradas no século XIX. A partir dele, todas as atividades humanas passaram a ter um “denominador comum” – a energia. Com base na compreensão desse princípio, relacione os objetos ou fenômenos numerados de 1 a 5, com as transformações de energia correspondentes, abaixo deles.

- 1) No movimento de uma pessoa que escorrega num tobogã.
  - 2) Um secador de cabelos possui um ventilador que gira e um resistor que se aquece quando o aparelho é ligado à rede elétrica.
  - 3) Um automóvel em que a bateria constitui a fonte de energia para ligar o motor de arranque, acender os faróis e tocar a buzina, etc.
  - 4) Na usina hidroelétrica, onde a queda d'água armazenada em uma represa passa pela tubulação fazendo girar uma turbina e seu movimento de rotação é transmitido a um gerador de eletricidade.
  - 5) Na usina térmica, onde a queima do carvão ou petróleo (óleo combustível) provoca a vaporização da água contida em uma caldeira. Esse vapor, em alta pressão, faz girar uma turbina e essa rotação é transmitida ao gerador de eletricidade.
- ( ) A energia elétrica transforma-se em energia de movimento (cinética) e térmica.
- ( ) A energia potencial transforma-se em energia cinética e térmica.
- ( ) A energia potencial de interação gravitacional transforma-se em energia cinética, que se transforma em elétrica.
- ( ) A energia potencial química transforma-se em energia de movimento (ou cinética) em luminosa e em sonora.
- ( ) A energia potencial química transforma-se em energia térmica, que se transforma em cinética e, por sua vez, transforma-se em elétrica.

Para analisar melhor o resultado dessa questão foi montada a tabela 4.12 mostrando o quadro geral de respostas para essa pergunta:

**Tabela 4.12:** *Respostas dos alunos à quarta questão da primeira avaliação.*

Opções	Ordem Correta				
	2	1	4	3	5
1	4	13	1	3	0
2	14	6	0	0	1
3	1	1	1	15	3
4	1	0	14	2	4
5	1	1	5	1	13

Legenda: Os números abaixo de “Ordem Correta” representam a ordem correta das respostas, seguindo a ordem em que as situações foram apresentadas. A primeira coluna representa as opções de respostas e na frente a quantidade de vezes que cada uma foi marcada.

Como é possível observar, a resposta mais indicada sempre correspondeu à opção correta, sendo que a que obteve menor quantidade de marcações obteve treze, ou seja, 62%, e a mais marcada obteve quinze marcações, 71%. Esse resultado sugere que mesmo sendo confrontados com testes de compreensão em um contexto de alguma forma diferente do encontrado no MI, os alunos, de forma geral, conseguiram explicar e aplicar os conhecimentos discutidos em sala.

A análise dessas duas questões e da média da turma parece indicar que houve um aprendizado dos conceitos isolados de trabalho e energia, visto que os alunos, de maneira geral, puderam demonstrar capacidade de explicar e aplicar o conhecimento para resolver situações-problema. Vale lembrar também que o segundo MC foi aplicado **depois** do término da primeira parte do MI e, portanto, pouco antes da primeira avaliação. Conforme visto, na análise dos MC encontrou-se indícios da ocorrência de AS. A combinação desses dois resultados, portanto, reforça a possibilidade de que a aplicação do MI tenha sido exitosa na promoção da AS dos estudantes.

### Segunda Avaliação

A segunda avaliação abrangia os cálculos de trabalho e energia. O resultado geral da turma nessa avaliação foi de 75%. Novamente, para buscar maiores indícios, será feita uma análise mais detalhada de algumas questões dessa avaliação. Neste caso, a maioria das questões teve resultado semelhante. Assim, escolheu-se analisar a sexta questão, que dizia o seguinte:

**Questão 06.** *No quitungo visitado, uma porção de água de 10 kg cai sob*

*efeito da gravidade do alto da represa até o solo, fazendo uma roda d'água girar. Sabemos que a altura do local de onde a água caiu até o chão é de 4 m. Nesta situação, de quanto varia, em módulo, a energia potencial gravitacional da água? Considera  $g = 10\text{m/s}^2$ .*

- a) 400 J                      b) 40 J                      c) 24 J                      d) 4 J                      e) 80 J

Como é possível observar, essa era uma questão contextualizada com a zona rural. Nesse caso, dezessete alunos (81%) marcaram a opção correta **a**. Isso pode indicar capacidade de resolver problemas e aplicar o conhecimento estudado. Somente a quarta questão destoou desse resultado:

**Questão 04.** *A energia cinética de um corpo é 1.800 J e sua massa é 4 kg. Determine sua velocidade.*

- a) 900 m/s                      b) 30 m/s                      c) 60 m/s                      d) 600 m/s                      e) 20 m/s

Neste caso, tanto a opção **a** (incorreta), quanto a opção **b** (correta) receberam muitas marcações. A primeira opção recebeu onze marcações enquanto a segunda recebeu dez marcações. Praticamente metade dos alunos, portanto, se confundiu na hora de finalizar o cálculo, indicando no gabarito o valor da velocidade ao quadrado. No geral, no entanto, o resultado da turma foi considerado bom nessa avaliação, o que também é um indicativo de que houve um aprendizado dos cálculos isolados de Trabalho e Energia.

### Terceira Avaliação

A terceira avaliação abrangia todo o conteúdo do MI, incluindo os conceitos e cálculos de Conservação da Energia e de Potência. A média da turma foi de 51,3%, o que representou uma queda em relação às avaliações anteriores. Esse resultado parece indicar que, embora os alunos tenham apresentado um rendimento substancial na avaliação que envolveu cálculos de Trabalho e Energia (2ª avaliação), este diminuiu quando se considerou as transformações de um tipo de energia em outro.

A Tabela 4.13 mostra o resultado da turma em cada questão da terceira avaliação. As Questões discursivas 4 e 5, com índices de acerto acima de 90%, envolvem

cálculos isolados de energia cinética e potencial. De maneira semelhante, as Questões discursivas 8 e 10 com menor índice de acerto envolvem cálculos de conservação de energia e teorema trabalho energia cinética.

**Tabela 4.13:** Resultado para cada questão da 3ª avaliação

	Índice de Acertos por Questão (%) - 3ª AVALIAÇÃO											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
C	42,9	57,1	57,1	95,2	95,2	38,1	4,8	0,0	33,3	14,3	38,1	14,3
I	38,1		42,9	4,8	4,8	38,1		61,9	38,1	61,9	47,6	
E	19,0		0,0	0,0	0,0	23,8		38,1	28,6	23,8	14,3	

**Legenda:** Na primeira coluna, C representa Certo, I incompleto e E errado. As questões 2, 7 e 12 eram objetivas. Por isso somente aparece o índice de acertos.

Uma possível explicação para esse rendimento é a deficiência em matemática que os alunos dessa escola possuem, em geral muito aquém do desejado. Essa hipótese é reforçada na opinião espontânea do aluno A11: “... ficou muito bem explicado, sendo que as contas são muito difíceis.”

Outro indicador que pode reforçar nossa hipótese é fornecido pelo PAEBES. No ano de 2011, 2012 e 2013, por exemplo, as notas em matemática da escola onde o MI foi aplicado foram, respectivamente, 272.2, 264.94 e 271.6, ao passo que as médias Estaduais foram 279.94, 281.08 e 285.3, revelando um rendimento sempre está abaixo da média Estadual. Nos mesmos anos, a porcentagem de alunos abaixo do básico em matemática na escola foram de 43.3 %, 55.0 % e 47.8 %, respectivamente. Estes indicadores sugerem que pelo menos metade dos alunos da escola apresentam dificuldades com essa disciplina, o que pode ser uma justificativa para o baixo rendimento dos alunos em questões de Física que envolvem cálculos matemáticos.

Outro ponto a ser observado é possível quantidade insuficiente de exercícios propostos envolvendo cálculos relacionados ao conteúdo da terceira parte do MI. A proposição de um número maior de exercícios poderia contribuir para um maior rendimento dos alunos no conteúdo da parte final do MI. O rendimento obtido nas Questões objetivas 07 e 12 também merecem uma análise mais detalhada. O enunciado da Questão 07 dizia o seguinte:

**Questão 07.** (FUVEST) Um ciclista desce uma ladeira, com forte vento contrário ao movimento. Pedalando vigorosamente, ele consegue manter a

*velocidade constante. Pode-se então afirmar que a sua:*

- a) energia cinética está aumentando;*
- b) a energia cinética está diminuindo;*
- c) energia potencial gravitacional está aumentando;*
- d) energia potencial gravitacional está diminuindo;*
- e) energia potencial gravitacional é constante.*

Neste caso, apenas 4,8% dos alunos marcaram a alternativa **d** como correta. Cerca de 66% da turma marcou a letra **e**. Uma possível explicação para esse índice é os alunos terem se concentrado na palavra constante, presente no enunciado da questão e procurado alguma alternativa que expressasse essa ideia. A letra **e** teria sido a mais marcada por ser a única que contém essa informação, ainda que equivocada. Aparentemente, mesmo que os alunos tenham tido um bom rendimento na primeira e segunda avaliação, demonstrando ser capazes de relacionar cada tipo de energia com as grandezas que os determinam, nesse momento parece que não tiveram atenção suficiente ao enunciado, sendo induzidos à esse erro.

O enunciado da Questão 12 dizia o seguinte:

**Questão 12.** (UFMG) *Um elevador transporta 10 pessoas entre o 1º e o 10º andar de um edifício, em 10 s. Se realizar a mesma tarefa em 20 s:*

- a) realizará um trabalho duas vezes maior.*
- b) desenvolverá uma potência média duas vezes maior.*
- c) desenvolverá uma potência média duas vezes menor.*
- d) realizará um trabalho duas vezes menor.*
- e) desenvolverá a mesma potência média.*

Apenas 14,3% dos alunos marcaram a opção correta **c**. Em contrapartida, cerca de 50% deles marcaram a alternativa **a** como resposta para essa questão. Isso parece demonstrar que mais da metade da turma, ao responder a essa questão, ignoraram a informação “Se realizar a mesma tarefa em...” e, sendo assim, imaginaram que se o tempo é o dobro o trabalho realizado também seria o dobro. Novamente



destacamos a possibilidade de que a quantidade de exercícios sobre potência tenha sido insuficiente.

É importante realçar também a possível dificuldade em interpretação de textos por parte dos alunos. Isso pode ter contribuído com os erros de interpretação observados nessas duas questões. A título de informação, a nota do PAEBES em língua portuguesa da referida escola também se encontra abaixo da média Estadual. Como exemplo, nos anos de 2011, 2012 e 2013 os resultados da escola foram 259.3, 252.4 e 240.2 enquanto as médias estaduais foram 271.6, 271.6 e 273.2.

Todavia, ao analisarmos o resultado geral da turma, podemos observar que aproximadamente 67% ficou com média geral acima de 60% e a média da turma foi 65,4%. A prática em sala de aula nos sugere que essa quantidade é superior ao geralmente observado. Essa análise é corroborada pelo resultado da escola no PAEBES em Física. Esta disciplina somente começou a ser avaliada no ano de 2011, e é realizada nos anos ímpares pelas turmas de 3º ano. Assim, é possível encontrar dois resultados, o de 2011 e o de 2013. Se analisarmos o resultado da escola no ano de 2011 veremos que 43% dos alunos da escola se enquadraram abaixo do básico. Isso significa que a quantidade de alunos com média geral acima de 60% (que consideraremos aqui como o limite entre abaixo do básico e básico, visto que a média nas escolas estaduais é 60%) é cerca de 10% maior do que a demonstrada pelo resultado do PAEBES de 2011 da escola. Se fizermos essa comparação com o Estado do Espírito Santo, essa diferença é ainda maior, visto que 55,5% dos alunos do estado se localizaram na faixa abaixo do básico. Rendimento semelhante é observado no resultado do PAEBES 2013, onde aproximadamente 53% dos alunos da escola se localizaram na faixa abaixo do básico.

Portanto, a análise das avaliações, seja de forma geral, separadamente e por questões, apontou possíveis evidências de AS. Entretanto, vale a pena lembrar que Moreira (2011b) argumenta que deve-se dar ênfase em evidências de AS e não em comportamentos finais, visto que com o passar do tempo os alunos tendem a desenvolver técnicas para resolver provas.

Dando continuidade a discussão e buscando novas evidências, passamos a análise dos dados coletados através do demais instrumentos utilizados.

#### 4.4 – Análise das Respostas Contidas no Material Instrucional

Será analisado agora o conteúdo das respostas dadas pelos alunos às questões contidas no MI. Neste caso, também foi utilizado o método da Análise de Conteúdo proposto por Bardin (1977). Assim, ao se ter acesso às respostas dos estudantes, procurou-se refletir sobre as possíveis informações ou conclusões que poderiam ser retiradas de sua análise, formulando-se hipóteses em relação à quantidade de cada tipo de resposta que poderiam ser encontradas e sua relação com a nota dos alunos. Em seguida todas as informações foram tabuladas e categorizadas, baseadas em critérios definidos de acordo com as características das respostas dos estudantes. Tendo em mãos esses dados categorizados, buscou-se interpreta-los em busca de evidências de ocorrência de AS e de possível êxito do MI.

Conforme visto no Capítulo 3, durante a aplicação do MI os alunos tinham que responder a uma série de questões que se relacionavam com cada assunto estudado, cujo objetivo é permitir que eles possam expressar seu conhecimento e discutí-los com os demais colegas e o professor. Em cada pergunta os alunos tinham cerca de três minutos para responder. Em seguida, alguns alunos liam suas respostas para a turma e era feita uma discussão sobre o assunto, tendo o professor/mestrando como mediador. Dessa forma, buscava-se que os alunos pudessem interagir socialmente, negociando significados, conforme consta no passo cinco para elaboração de uma UEPS (MOREIRA, 2011b). Finalizava-se chegando a uma resposta considerada cientificamente aceita para a pergunta.

Caso o aluno entendesse que sua resposta não estava de acordo com as discussões realizadas em sala, ele poderia escrever a resposta correta no espaço ao lado, destinado para este fim. O Quadro 4.6 mostra o modelo utilizado para cada questão proposta com espaço para correção.



**Você acha que um quitungo movido a água poderia funcionar em um terreno que não apresenta desnível? Porque?**

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

**Quadro 4.6:** Exemplo de questão com espaço para correção da resposta inicial.

Dessa forma, o material procurava trabalhar com a recursividade, ainda que essas respostas não valessem nota.

Assim, para analisar as respostas dadas pelos alunos às questões contidas no MI, foram estabelecidos critérios de classificação qualitativos, de acordo com as características observadas nas respostas dos alunos. As quatro categorias e os respectivos critérios são apresentados no Quadro 4.7.

<b>Categorias</b>	<b>Características</b>	<b>Informações relevantes</b>
<b>Correta (C)</b>	Resposta que coincide com a esperada, de acordo com o estabelecido pelo conhecimento científico aceito.	Utilização de conceitos e grandezas corretas, com proposições corretas.
<b>Parcialmente Correta (PC)</b>	Resposta que contém idéia geral correta ou próxima à esperada, porém com utilização de grandezas ou conceitos incorretos.	Demonstra possuir conceitos alternativos ou falha na compreensão do significado da grandeza utilizada. Por isso, as proposições utilizadas podem estar incorretas.
<b>Incorreta (I)</b>	Resposta que não possui as informações necessárias para explicação do fenômeno ou que diverge do estabelecido pelo conhecimento científico	Demonstra não possuir conhecimento acerca do assunto abordado, ou inverte as características dos conceitos/grandezas analisados na questão.
<b>Branco (B)</b>	Respostas em branco	-

**Quadro 4.7:** *Categorias de análise das respostas dadas pelos alunos no MI.*

Para exemplificar a classificação determinada no Quadro 4.7, segue um exemplo de questão contida no MI e comentários sobre os tipos de respostas. A questão quinze, por exemplo, era a seguinte:

**Questão 15.** *Você saberia explicar o que está acontecendo com a energia cinética e potencial quando a pedra faz o movimento de subida e descida?*

Uma resposta correta, portanto, deveria dizer que na subida a Energia Cinética diminui e a Energia Potencial Gravitacional aumenta, pois a primeira se converte na segunda. No ponto mais alto a Energia Cinética seria zero e a Energia Potencial Gravitacional teria valor máximo. Na descida ocorre o contrário. A maior parte das respostas consideradas parcialmente corretas se limitava a explicar o que ocorria na subida, não descrevendo o que ocorre na descida, como mostra a resposta do aluno A17: “A energia potencial aumenta quando a pedra sobe e a cinética diminui.”

As respostas consideradas Incorretas não continham informações sobre Energia, não explicavam o que estava acontecendo, inseriam conceitos e grandezas que não

estavam relacionados no problema ou invertiam as informações, como mostra a resposta do aluno A21: *“Na subida a energia cinética aumenta até seu nível máximo e a potencial elástica se transforma na mesma. Na descida a cinética aumenta transformando em potencial gravitacional. Elástica - cinética – gravitacional”*.

Portanto, utilizando-se as definições presentes no Quadro 4.7, as respostas dos alunos foram classificadas e os resultados estão compilados na Tabela 4.14, mostrando a porcentagem de respostas Corretas, Parcialmente Corretas (PC), Incorretas e em Branco para cada aluno, além da nota dos mesmos na terceira Avaliação, que abrangia todo o conteúdo do MI.

**Tabela 4.14:** Quantidade (percentual) de respostas Corretas, PC, Incorretas, em Branco e nota da 3ª Avaliação de cada aluno.

Aluno	Respostas às questões do MI				Nota na 3ª Avaliação
	Corretas	PC	Incorretas	Branco	
A1	44.4%	25.9%	25.9%	3.7%	50.0%
A2	55.6%	25.9%	14.8%	3.7%	72.2%
A3	48.1%	11.1%	37.0%	3.7%	40.7%
A4	37.0%	18.5%	22.2%	22.2%	30.7%
A5	48.1%	37.0%	14.8%	0.0%	48.3%
A6	48.1%	37.0%	3.7%	11.1%	58.3%
A7	51.9%	14.8%	0.0%	33.3%	62.5%
A8	55.6%	18.5%	22.2%	3.7%	46.3%
A9	48.1%	22.2%	11.1%	18.5%	53.9%
A10	66.7%	14.8%	11.1%	7.4%	66.7%
A11	51.9%	18.5%	18.5%	11.1%	47.2%
A12	48.1%	14.8%	11.1%	25.9%	53.5%
A13	29.6%	14.8%	18.5%	37.0%	42.5%
A14	40.7%	22.2%	29.6%	7.4%	34.2%
A15	55.6%	18.5%	18.5%	7.4%	61.1%
A16	51.9%	22.2%	22.2%	3.7%	40.7%
A17	48.1%	18.5%	33.3%	0.0%	75.0%
A18	59.3%	22.2%	18.5%	0.0%	38.9%
A19	44.4%	22.2%	18.5%	14.8%	37.2%
A20	51.9%	29.6%	11.1%	7.4%	44.4%
A21	59.3%	11.1%	22.2%	7.4%	72.9%

Vale recordar que o conteúdo abordado pelo MI foi dividido em três partes:

1ª parte) Conceitos de trabalho e energia;

2ª parte) Cálculos de trabalho e energia;

3ª parte) Conservação da energia e potência.

Da mesma forma, podemos analisar as questões levando-se em consideração cada uma destas três partes do MI, de acordo com o indicado abaixo:

Questões no intervalo de 1 a 7, pertencentes à Primeira parte do MI.

Questões no intervalo 8 a 14, pertencentes à Segunda parte do MI.

Questões no intervalo 15 a 23, pertencentes à Terceira parte do MI.

Assim, construiu-se a Tabela 4.15 com a média percentual de respostas Corretas, Parcialmente Corretas (PC), Incorretas e em Branco, existentes em cada umas das três partes do MI.

**Tabela 4.15:** *Média das respostas às questões contidas no MI, dividida por partes.*

<b>Respostas da apostila. Médias por parte</b>			
	<b>1ª Parte</b>	<b>2ª Parte</b>	<b>3ª Parte</b>
<b>Corretas</b>	64.1%	43.5%	37.0%
<b>PC</b>	18.6%	34.7%	13.2%
<b>Incorretas</b>	13.9%	17.0%	20.1%
<b>Branco</b>	2.2%	3.4%	27.5%

É possível observar que a medida que o conteúdo foi se tornando mais específico e mais complexo, a quantidade de respostas incorretas foi aumentando. A experiência de docência sugere ser este um comportamento esperado a medida que avançamos para a parte mais complexa do conteúdo, pois passa-se a exigir subsunções cada vez mais bem elaborados dos estudantes.

A análise da Tabela 4.15 mostra também um aumento muito grande do número de respostas em Branco da primeira e segunda para a terceira parte da aplicação do MI. Isso parece indicar uma dificuldade dos alunos em acompanhar o conteúdo, ou um desinteresse maior na parte final da matéria. Outro possível fator importante para explicar este comportamento é o cansaço sentido pelos estudantes, principalmente na parte final do MI, como pode ser constatado na opinião de alguns deles: Aluno A2 “O conteúdo oralmente foi muito cansativo...”. De forma semelhante, o aluno A12 diz: “Um aspecto que eu não gostei muito foi o uso das apostilas, pelo fato de serem grandes e também teve muito diálogo...”.

Dentre todas as perguntas que foram respondidas, analisamos também o

quantitativo geral de perguntas que foram corrigidas e não corrigidas pelos alunos. A Tabela 4.16 os valores levantados.

**Tabela 4.16:** *Total de respostas corrigidas e não corrigidas.*

<b>Tipo</b>	<b>Total</b>	<b>Porcentagem</b>
Corrigidas	200	70.2%
Não Corrigidas	85	29.8%

Cabe ressaltar que a decisão de corrigir ou não foi tomada exclusivamente pelo aluno. Os resultados mostraram que cerca de 70% delas foram corrigidas pelos alunos após as discussões em sala. Esse resultado sugere que, na maior parte das vezes, as discussões em grupo auxiliaram para que houvesse negociação de significados e reflexão sobre as respostas.

Vale realçar que houve casos de alunos que, por faltar a uma ou mais aulas, não respondiam a(s) pergunta(s) da(s) aula(s) perdida(s) e nem escreviam a correção, ainda que orientados a fazê-lo. Assim, parte dessas respostas não corrigidas refletem esses casos. A outra parte é basicamente constituída de respostas Parcialmente Corretas, que os alunos acabaram julgando não necessitarem de correções.

Uma hipótese por nós levantada foi a existência de uma possível correlação entre a nota obtida pelo aluno na terceira avaliação, que abrangia todo o conteúdo do MI, e a quantidade de respostas Corretas ou Incorretas encontradas ao longo do Material. Por isso, foi feita também uma análise estatística, com auxílio de profissionais do Laboratório de Estatística (LeSTAT), do Departamento de Estatística da UFES.

Para testar esta hipótese, para cada uma das questões contidas no MI, identificamos os alunos que a acertaram e os que a erraram. Para esta análise consideramos erradas todas as questões classificadas, de acordo com os critérios do Quadro 4.5, como Parcialmente Incorretas, Incorretas e em Branco. Em seguida, para cada questão, e para cada um desses dois grupos (acertaram e erraram) foram calculadas as médias das notas obtidas na terceira avaliação. A Tabela 4.17 mostra os resultados obtidos. Para comparação das médias das notas na terceira avaliação dos grupos que acertaram e erraram cada questão, foi aplicado o teste de Mann-Whitney com nível de significância de 10%. Assim, caso o p-valor encontrado seja

inferior a 0,1 significa que as médias entre os dois grupos são estatisticamente diferentes.

**Tabela 4.17:** *p-valor (Mann Whitney) encontrado em cada grupo de médias da terceira avaliação, relacionadas com a quantidade de respostas Corretas e Incorretas para cada questão do MI. (continua)*

		N	Média	Desvio Padrão	p-valor (Mann Whitney)
Q1A	Erraram	10	63,17	18,91	0,698
	Acertaram	11	67,41	13,22	
Q1B	Erraram	6	68,17	10,98	0,938
	Acertaram	15	64,28	17,71	
Q1C	Erraram	14	64,99	18,12	0,709
	Acertaram	7	66,19	11,43	
Q2	Erraram	14	63,34	17,93	0,681
	Acertaram	7	69,50	10,83	
Q3A	Erraram	9	60,30	17,68	0,188
	Acertaram	12	69,21	13,99	
Q3B	Erraram	4	52,70	23,96	0,165
	Acertaram	17	68,38	12,61	
Q3C	Erraram	11	62,91	18,25	0,573
	Acertaram	10	68,12	13,28	
Q4	Erraram	5	73,76	10,03	0,16
	Acertaram	16	62,78	16,73	
Q5	Erraram	5	64,54	15,89	0,741
	Acertaram	16	65,66	16,42	
Q6	Erraram	3	47,77	5,1	<b>0,021</b>
	Acertaram	18	68,33	15,19	
Q7	Erraram	2	78,25	6,58	0,134
	Acertaram	19	64,04	16,08	
Q8	Erraram	0	-	-	-
	Acertaram	21	65,39	15,91	
Q9	Erraram	8	63,34	14,82	0,469
	Acertaram	13	66,65	17	
Q10	Erraram	16	65,68	15,77	1
	Acertaram	5	64,46	18,19	
Q11	Erraram	21	65,39	15,91	-
	Acertaram	0	-	-	
Q12	Erraram	16	68,17	11,22	0,457
	Acertaram	5	56,50	25,76	
Q13	Erraram	11	64,56	18,74	0,888
	Acertaram	10	66,30	13,05	
Q14	Erraram	11	61,15	18,45	0,245
	Acertaram	10	70,06	11,73	
Q15	Erraram	17	65,12	16,02	0,858
	Acertaram	4	66,55	17,77	
Q16	Erraram	15	64,93	17,01	0,938
	Acertaram	6	66,53	14,14	

**Tabela 4.17:** *p*-valor (Mann Whitney) encontrado em cada grupo de médias da terceira avaliação, relacionadas com a quantidade de respostas Corretas e Incorretas para cada questão do MI. (continuação).

Q17	Erraram	9	67,36	18,69	0,434
	Acertaram	12	63,92	14,16	
Q18	Erraram	21	65,39	15,91	-
	Acertaram	0	-	-	
Q19	Erraram	18	63,65	16,38	0,191
	Acertaram	3	75,83	7,66	
Q20	Erraram	3	56,70	31,46	0,688
	Acertaram	18	66,84	12,87	
Q21	Erraram	11	56,96	16,38	<b>0,003</b>
	Acertaram	10	74,66	9,04	
Q22	Erraram	10	60,09	17,45	<b>0,098</b>
	Acertaram	11	70,21	13,36	
Q23	Erraram	15	63,83	17,49	0,483
	Acertaram	6	69,28	11,39	

Legenda: A última coluna mostra a significância do teste de Mann-Whitney encontrado em cada questão. As questões 8, 11 e 18 não possuem p-valor pois o teste é uma comparação entre médias e, nesses casos, todos os alunos acertaram ou erraram a questão.

Uma análise da Tabela 4.17 permite observar que a maioria dos erros nas questões não influenciou a nota final dos estudantes. Este é mais um indício de que a estratégia de utilização de um MI baseado na TAS parece ter sido capaz de sanar as dúvidas do grupo de estudantes que errou cada uma das questões, proporcionando a negociação de significados e buscando tornar o aluno sujeito ativo do processo de ensino-aprendizagem. Portanto, neste caso, parece que o MI foi capaz de promover de fato a aprendizagem significativa dos estudantes sobre o Princípio da Conservação da Energia Mecânica. Apenas o resultado das questões Q6, Q21 e Q22 apresentaram p-valor abaixo de 0,1 e portanto, resultados diferentes para média dos dois grupos. No geral, isso sugere que apenas a resposta de cada uma destas três questões parece ter influenciado a nota obtida pelo estudante na terceira avaliação. Para tentar entender melhor o que aconteceu, vamos analisar com mais detalhes estes três casos.

A sexta questão do MI aparecia após o experimento 01 contido na seção “USANDO O EXPERIMENTO COM O PROFESSOR”. Nessa atividade experimental se utilizava um estilingue para lançar bolas de papel esticando de diversas formas o material elástico, analisando os resultados em cada ocasião. O contexto desta questão pode ser consultado na página 12 do MI. Após a experiência o aluno deveria responder a seguinte questão no MI:



**Questão 06:** *Se este material não fosse elástico seria possível construir o estilingue?*

O conhecimento necessário para responder essa questão (armazenamento de energia potencial elástica através da aplicação de uma força que estica o elástico) pode ser considerado intuitivo e por isso pode ser obtido mesmo fora do ambiente escolar, sobretudo no caso dos alunos da zona rural. Mesmo os três alunos que erraram essa questão demonstraram conhecer o fenômeno. Somente não souberam se expressar corretamente, devido a uma confusão dos conceitos que eles utilizaram em suas respostas. Assim, ainda que essa questão demonstre ter alguma relação com a nota do aluno na terceira avaliação, não é evidente a influência do MI na aquisição desse conhecimento. Esse ponto é importante pois, de acordo com Moreira (2011a, p.15) “a avaliação da aprendizagem pode, em princípio, prover evidências não só sobre o que foi aprendido mas também sobre até que ponto o ensino foi responsável por isso”.

A Questão 21 aparecia no início da discussão sobre forças conservativas e não conservativas. O texto dizia que quando atuam somente forças conservativas a energia do corpo não se altera, apenas se transforma de um tipo em outro. O contexto desta questão pode ser consultado na página 39 do MI. Após o texto o aluno deveria responder a questão 21 do MI:

**Questão 21:** *Você saberia dizer uma situação em que isso ocorre?*

Diferente do observado para a Questão 6, o conhecimento necessário para responder a essa questão (condições em que a energia mecânica se conserva) não pode ser considerado básico e dificilmente será obtido fora do ambiente escolar, ou sem acompanhamento de um professor. Isso sugere, portanto, que ter assimilado ou não esses conhecimentos pode ter influenciado a nota dos alunos. Assim, é possível supor uma eventual influência do MI e das discussões em sala no aprendizado dos alunos.

A Questão 22 aparecia no início da discussão sobre potência. O texto analisava uma situação em que duas pessoas empurravam carrinhos de mão em intervalos de tempos diferentes. O contexto desta questão pode ser consultado na página 40 do MI. Após o texto o aluno deveria responder a questão 22 do MI:

**Questão 22:** *O trabalho realizado por cada um deles é igual ou diferente?*

Assim como na análise anterior, o conhecimento necessário (trabalho) para responder a essa questão não pode ser considerado básico e dificilmente será obtido fora do ambiente escolar, ou sem acompanhamento de um professor. Mais uma vez, isso sugere que o MI, e as discussões em sala, possam ter influenciado o aprendizado dos alunos, afetando a nota destes alunos na terceira avaliação.

A seção a seguir mostra a análise do Questionário de Opinião respondido pelos estudantes e busca identificar aspectos positivos e negativos do MI, de acordo com o ponto de vista dos alunos.

## 4.5 - Análise dos Questionários de Opinião

Na presente seção apresentamos o resultado da busca por evidências de AS, olhando para a opinião dos alunos. O questionário de Opinião é importante, pois, segundo Moreira (2011a, p.15) “é possível também avaliar o ensino de outras maneiras como, por exemplo, através da opinião do aluno”. Assim, ao final da aplicação do MI os alunos responderam a um questionário de opinião. Cada pergunta continha uma escala de 1 a 5, sendo 1 classificado como ruim e 5 ótimo. Para facilitar a análise, os valores 2, 3 e 4 foram classificados como pouco, médio e bom, respectivamente. A análise do Questionário de Opinião foi feita em busca dos elementos que mais se destacaram, durante a aplicação MI, do ponto de vista dos estudantes. A Tabela 4.18 mostra o questionário de opinião e a quantidade de marcações que cada opção recebeu em cada pergunta. Vale realçar que alguns alunos deixaram uma ou duas opções sem marcar. A análise desse questionário será feita, inicialmente, sobre o resultado para cada questão e, posteriormente, sobre a média geral de cada Recurso Instrucional.

**Tabela 4.18:** *Questionário de opinião com o número de marcações para cada opção.*  
(continua)

	Ruim .....Ótimo					Média
	1	2	3	4	5	
1. Eu já entendia satisfatoriamente o assunto que foi abordado na aula?						
Respostas dos alunos	9	5	7	0	0	1.90

**Tabela 4.18:** Questionário de opinião com o número de marcações para cada opção.  
(continuação)

	Ruim .....Ótimo					Média
2. Os Recursos Instrucionais utilizados despertaram meu interesse para o assunto?						
Experimentos	0	1	10	8	2	3.52
Visita ao Quitungo	0	0	2	7	8	4.35
Utilização de Elementos do cotidiano da zona rural	1	2	4	9	5	3.71
Vídeos	0	0	6	8	6	4.00
Simulações	0	2	8	5	5	3.65
3. Os Recursos Instrucionais utilizados contribuíram para que eu participasse mais da aula respondendo às perguntas dirigidas a turma sobre o assunto da aula?						
Experimentos	0	7	8	6	0	2.95
Visita ao Quitungo	0	0	5	7	5	4.00
Utilização de Elementos do cotidiano da zona rural	1	2	10	7	1	3.24
Vídeos	0	8	7	4	1	2.90
Simulações	1	4	7	6	2	3.20
4. Os Recursos Instrucionais utilizados contribuíram para que eu participasse mais da aula fazendo, espontaneamente, perguntas sobre o assunto da aula?						
Experimentos	2	9	7	3	0	2.52
Visita ao Quitungo	2	3	3	7	3	3.33
Utilização de Elementos do cotidiano da zona rural	4	9	6	1	1	2.33
Vídeos	5	4	10	1	0	2.35
Simulações	5	7	7	1	0	2.20
5. Os Recursos Instrucionais utilizados contribuíram para que eu fizesse os exercícios propostos durante a aula?						
Experimentos	0	1	9	7	4	3.67
Visita ao Quitungo	0	0	3	6	8	4.29
Utilização de Elementos do cotidiano da zona rural	0	2	5	7	7	3.90
Vídeos	1	2	8	6	3	3.40
Simulações	0	4	4	8	5	3.67
6. Os Recursos Instrucionais utilizados contribuíram para que eu pensasse em situações semelhantes sobre o assunto da aula?						
Experimentos	1	4	7	7	2	3.24
Visita ao Quitungo	0	2	0	7	8	4.24
Utilização de Elementos do cotidiano da zona rural	1	2	9	6	3	3.38
Vídeos	2	2	9	5	2	3.15
Simulações	5	2	1	7	5	3.25
7. Os Recursos Instrucionais utilizados contribuíram para que eu compreendesse melhor o assunto da aula?						
Experimentos	0	1	0	12	8	4.29
Visita ao Quitungo	0	0	1	3	13	4.71
Utilização de Elementos do cotidiano da zona rural	0	0	3	10	8	4.24
Vídeos	0	3	3	3	11	4.10
Simulações	0	2	4	5	9	4.05

**Tabela 4.18:** *Questionário de opinião com o número de marcações para cada opção.*  
(continuação)

	Ruim .....Ótimo					Média
8. Os <b>Recursos Instrucionais</b> utilizados contribuíram para “prender” minha atenção às discussões durante a aula?						
<b>Experimentos</b>	0	2	4	9	4	3.79
<b>Visita ao Quitungo</b>	0	1	3	5	7	4.13
<b>Utilização de Elementos do cotidiano da zona rural</b>	0	1	7	8	3	3.68
<b>Vídeos</b>	1	2	6	6	4	3.53
<b>Simulações</b>	0	2	7	7	2	3.50

Legenda: A coluna média se refere à média ponderada.

Analisando os resultados da Tabela 4.18, as respostas da **Questão 01** indicam que a maioria dos alunos julgaram não entender bem do assunto antes da aplicação do material. Esse resultado já era esperado, visto que os alunos estudaram pouco ou nada do assunto na oitava série (nono ano).

No caso da **Questão 02**, a média ponderada para experimentos foi **3.52** e para simulações **3.65**, ou seja, para a maioria da turma esses dois recursos contribuíram para despertar o interesse na matéria. No entanto, os demais recursos parecem ter ajudado mais nesse quesito, sendo que o quitungo (média ponderada **4.35**) aparece como o que mais contribuiu no despertar do interesse pelo assunto. Esse resultado indica que não só a saída do ambiente de sala de aula, como as discussões realizadas durante a visita, foram consideradas importantes na visão dos alunos, deixando-os curiosos por entender, no contexto da disciplina, o funcionamento do quitungo. Esse comportamento foi observado durante a visita, na qual os alunos demonstraram grande interesse no funcionamento dos mecanismos e no fato de algo tão útil, parecer algo tão simples de ser idealizado. Não só a produção, mas também o comércio da farinha de mandioca foi alvo de comentários e perguntas durante a visita.

Também no caso da **Questão 03**, a visita ao Quitungo parece ter sido o elemento que mais surtiu efeito, tendo média ponderada **4.00**. Os demais recursos ficaram com médias ponderadas entre **2.90** e **3.24**. Dos recursos, o que parece ter contribuído menos para que os alunos respondessem as perguntas dirigidas à turma foram os vídeos, onde 40% dos alunos marcaram a opção **2 (pouco)** e a média ponderada foi **2.90**. Isso parece indicar que, mesmo que os vídeos tenham gerado discussões interessantes em sala de aula, na opinião dos alunos contribuíram pouco

para que eles se sentissem mais livres para responder perguntas que não haviam sido dirigidas diretamente para eles. Vale realçar que é uma característica de alunos de Ensino Médio, sobretudo primeiros e segundos anos, a vergonha em participar da aula. É comum se escutar alunos dizendo que não perguntam nem respondem por medo dos colegas rirem caso fale algo errado. Assim, o resultado geral dessa questão indica que os Recursos Instrucionais ajudaram a diminuir um pouco esse sentimento, ou pelo menos a dar um pouco mais de segurança na hora de responder.

A análise do resultado para a **Questão 04** parece corroborar a análise realizada para a questão 03, em relação à vergonha dos alunos. É possível ver que a maioria dos alunos acredita que os Recursos praticamente não ajudaram para que eles, por conta própria, fizessem perguntas. Com exceção do Quitungo, que ficou com média ponderada **3.33**, os demais recursos obtiveram maior número de marcações para as opções **1 (ruim)** e **2 (pouco)**, ficando com médias ponderadas abaixo de **2.52**. Ainda que a análise da questão anterior tenha sugerido que os Recursos tenham ajudado para que os alunos respondessem as perguntas dirigidas à turma, o resultado dessa questão indica que contribuíram bem pouco para que vencessem a vergonha de expor suas dúvidas.

Os resultados encontrados para a **Questão 05** indicam que houve grande contribuição dos Recursos Instrucionais nos momentos de resolução dos exercícios. As médias ponderadas variaram de **3.40** a **4.29**. Destaca-se, novamente, a visita ao Quitungo. Nesse caso, além de nenhum aluno marcar as opções **1 (ruim)** e **2 (pouco)**, a opção mais marcada foi a opção **5 (ótimo)**. A característica comum a todos os Recursos Instrucionais utilizados é a de tentar possibilitar a visualização do fenômeno estudado, ou características relacionadas. Assim, esse resultado parece indicar que a visualização do fenômeno contribui no interesse em fazer os exercícios.

No caso da **Questão 06**, novamente a visita ao quitungo foi o recurso instrucional que obteve melhor resultado. Isso indica que esse recurso contribuiu de forma considerável para que os alunos pensassem em situações semelhantes ao assunto da aula. Esse resultado reforça a análise da questão 02 de que as discussões feitas no dia da visita foram interessantes para os alunos. Poder pensar em algo, que está presente no dia a dia, de uma maneira que até então não se havia pensado, parece

ter sido importante para eles.

Destaca-se também a utilização de simulações que, apesar de ter a opção **4 (bom)** como a mais marcada, teve as opções **5 (ótimo)** e **1 (ruim)** marcadas a mesma quantidade de vezes. Isso parece demonstrar que a turma ficou bem dividida em relação a esse recurso.

Todavia, vale ressaltar que a única simulação feita no material se referiu ao processo do atrito entre dois livros e a consequente mudança na agitação de suas moléculas. Essa simulação foi utilizada para ampliar a discussão sobre força de atrito nos freios da moto e entre a caixa de tomate e uma superfície. Porém, mesmo assim, parte dos alunos podem ter tido dificuldade em pensar nesse processo em outras situações, em decorrência da impossibilidade de se perceber essas partículas sem a utilização de aparelhos específicos.

A análise da **Questão 07** sugere que os Recursos Instrucionais parecem ter contribuído para facilitar o processo de Aprendizagem. Em todos os casos a média ponderada ficou acima de **4.00**. Destaca-se a Visita ao Quitungo e a Utilização de Elementos do cotidiano da zona rural, onde nenhum aluno marcou as opções **1** ou **2**. No primeiro caso 76 % indicaram a opção **5 (ótimo)**. Esse resultado corrobora os resultados anteriores sugerindo que essa atividade colaborou positivamente em todos os aspectos da aplicação do MI. Os demais recursos, conforme já visto, também parecem ter ajudado aos alunos a compreenderem melhor o assunto da aula. Destaca-se a utilização de vídeos, em que mais da metade dos estudantes marcaram a opção **5**.

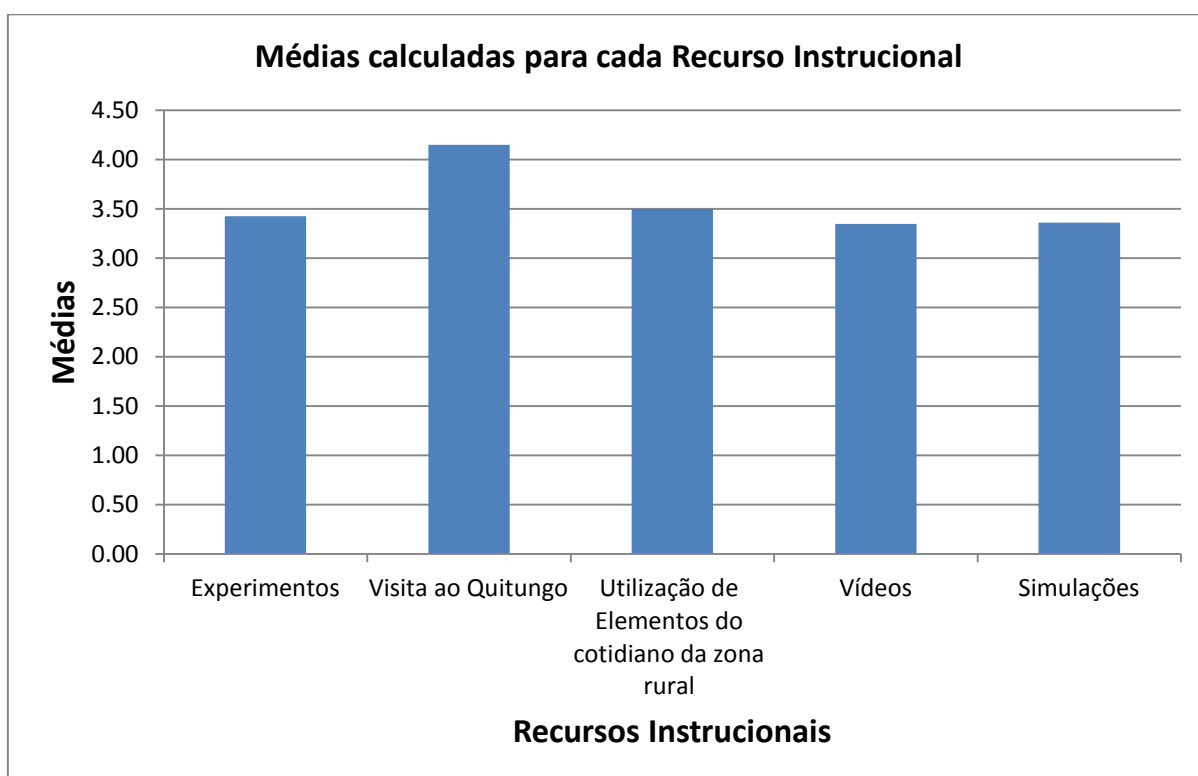
No caso da **Questão 08** as médias ponderadas ficaram entre os valores **3.50** e **4.13**. Ainda que o resultado não tenha sido tão expressivo como o da questão anterior, parece indicar que, na opinião dos alunos, a utilização de Recursos Instrucionais diferenciados ajuda a manter a atenção dos mesmos durante as aulas. Esse foi o único quesito em que a Visita ao Quitungo não foi a que obteve maior porcentagem de indicações acima de **3 (médio)**, sendo a segunda colocada. Ainda assim, foi a única com maior número de marcações na opção **5 (ótimo)**. O Recurso Instrucional que obteve maior quantidade de marcações acima da opção **3** foi Utilização de Elementos da zona rural. Este resultado sugere que utilizar na explicação da matéria elementos que façam parte do dia a dia dos estudantes, ou pelo menos da zona rural, ajuda a “prender” a atenção dos alunos durante a aula. Esse resultado é muito

importante, pois, de acordo com Ausubel, uma das principais condições para que ocorra a AS é a pré-disposição do aluno em aprender.

Para uma análise geral da opinião dos estudantes sobre o impacto da utilização dos recursos instrucionais, construiu-se a Tabela 4.19 e o Gráfico 4.2, com a média geral de cada recurso. Essa média foi construída calculando-se a média das médias ponderadas indicadas na Tabela 4.18, encontrando-se os valores indicados na Tabela 4.19.

**Tabela 4.19:** *Resumo do Questionário de opinião com as médias de cada Recurso Instrucional*

Questões	Característica/ Recursos Instrucionais	Média
Questão 01	Eu já entendia satisfatoriamente o assunto que foi abordado na aula?	1.90
Demais questões	<i>Experimentos</i>	3.43
	<i>Visita ao Quitungo</i>	4.15
	<i>Utilização de Elementos do cotidiano da zona rural</i>	3.50
	<i>Vídeos</i>	3.35
	<i>Simulações</i>	3.36



**Gráfico 4.2:** *Mostra as médias gerais obtidas pelas opiniões dos estudantes em cada Recurso Instrucional utilizado.*

Pode-se perceber que, no geral, a visita ao Quitungo foi o Recurso Instrucional que mais contribuiu nas atividades realizadas em sala de aula. Os demais recursos, no

entanto, ficaram com média acima de **3 (médio)**. Isso indica que, do ponto de vista dos alunos, a utilização desses recursos foi positiva, contribuindo em menor ou maior grau, para facilitar o processo de ensino-aprendizagem. Vale realçar que o segundo recurso que mais parece ter contribuído foi a Utilização de Elementos do cotidiano da zona rural. De acordo com Moreira (1999, p.162), é necessário que se ensine “utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa”. A opinião dos estudantes indica, portanto, que os Elementos do cotidiano da zona rural utilizados contribuíram positivamente para o desenvolvimento das atividades previstas no MI.

O questionário continha ainda uma questão aberta na qual os alunos podiam opinar sobre qualquer aspecto que julgaram ter contribuído ou prejudicado o desenvolvimento das aulas e aplicação do MI. A Tabela 4.20, mostra o resumo das respostas.

**Tabela 4.20:** *Críticas positivas e negativas registradas na questão 09 do questionário de opinião.*

Opiniões	Quantidade	Motivos	Quantidade
<b>Críticas positivas</b>	29	Quitungo	9
		Vídeos	6
		Experimentos	4
		Atuação do professor	4
		Simulação	2
		Material Instrucional	2
		Exercícios diferenciados	1
		Discussões em sala	1
<b>Críticas negativas</b>	5	Cansaço	2
		Mais experimentos	1
		Cálculos difíceis	1
		Apostila (MI)	1

Sua análise nos mostra que, cinco críticas negativas e vinte e nove positivas foram realizadas utilizando-se o espaço da questão 09. A tabela também descreve os aspectos que foram elogiados e criticados, bem como a quantidade de vezes que cada elogio/crítica aconteceu. Vale a pena realçar que, na maioria das vezes, o mesmo aluno criticou/elogiou mais de um aspecto.

Assim como nas questões anteriores a visita ao quitungo se destaca. Dos vinte e um alunos nove citaram, espontaneamente, a visita ao quitungo como algo positivo para o processo de ensino aprendizagem. A resposta do aluno A14 é um exemplo:

*“Eu achei bastante importante a visita ao Quitungo que me fez ver como funciona, e*



*além de tudo como compreender as outras formas de energia. Neste ano eu pude compreender mais e conseguir prestar mais atenção, pois as coisas faladas na matéria me fizeram gostar do cotidiano e aprendê-las. Também me fez passar para as pessoas em casa, e antes eu não podia passar nada pois não era interessante. Agora aprendi bastante.”*

Outro item que apareceu muito nas respostas foi a utilização de vídeos. Talvez por tratarem de assuntos muito presentes no cotidiano dos alunos, os vídeos parecem ter agradado. Isso é reforçado pelas discussões geradas em torno dos mesmos, após suas visualizações em sala de aula. Os vídeos de acidentes de moto, principalmente, despertaram bastante curiosidade nos alunos sobre o assunto. A resposta de A9 exemplifica essa observação: *“Gostei bastante dos vídeos, pois prendeu bastante minha atenção, pois da pra gente ter noção de como é o choque de dois veículos em movimento.”*

Muitos foram os que relataram já ter sofrido algum tipo de acidente de moto, seja pilotando ou como carona. Aproveitaram-se esses momentos para discutir a necessidade de cuidados básicos no trânsito local. Vários jovens das comunidades vizinhas à escola se envolvem em disputas de velocidade, andam pela contra mão, sem equipamento básico de segurança, etc. Ao analisarem os estragos relacionados aos acidentes, os alunos puderam refletir, não somente no conteúdo abordado em sala de aula, como também na maneira como eles e conhecidos pilotam motos pela região.

Como é possível observar na Tabela 4.20, foram poucas as críticas negativas citadas na questão 09. O aspecto mais presente foi o cansaço devido à extensão do MI. Ainda que a quantidade de críticas a esse respeito tenha sido reduzida, a visão do professor ao aplicar o material aponta que esse aspecto atrapalhou o desenvolvimento de outros alunos. Isso também foi comentado durante a análise realizada na seção 4.2.

A opinião dos alunos, expressa através do Questionário, também fornece indicativos de ocorrência de AS. De acordo com o observado, os alunos parecem ter gostado da utilização dos Recursos Instrucionais e, aparentemente, isso pode ter contribuído para o aprendizado dos mesmos. Na próxima seção será apresentada a análise do professor/mestrando sobre a aplicação do MI e os possíveis impactos observados durante as aulas.

## 4.6 - Análise do Diário de Bordo

Baseado nas anotações contidas no diário de bordo, e nas reflexões do professor/mestrando, pode-se dizer que um dos aspectos mais positivos observados, durante a aplicação do material, foi o momento de ler as respostas às perguntas contidas no MI. Foi possível perceber um interesse grande em participar desse momento, sobretudo quando percebiam que suas respostas estavam corretas. A esse respeito, o diário de bordo do professor contém a seguinte anotação: *“Destaca-se uma aluna que ao perceber que sua resposta estava de acordo comemorou baixinho e fazendo um rápido e discreto gesto (mas percebido pelo professor) de comemoração”*. Outro aspecto positivo das perguntas foi a possibilidade de reflexão dada aos alunos. Havia uma, por exemplo, que perguntava de onde vinha a energia que o quitungo utilizava. No diário de bordo consta o seguinte: *“Alguns alunos demonstraram dúvidas nesse item. Ao explicar a ideia eles disseram: Eu sei que é da água, que a água tem energia. Mas de onde que ela tira a energia? Não consigo descobrir isso”*

Todavia, como já citado anteriormente, com o passar do tempo, e com o excesso de perguntas e extensão do MI, alguns alunos passaram a demonstrar cansaço, resultando em algumas reclamações na hora de responder. Isso fez com que, inclusive, alguns alunos deixassem de responder uma ou outra pergunta com a desculpa de não saber, para depois da discussão apenas escrever a resposta. Entretanto, principalmente na primeira parte do Material, essa metodologia pareceu agradar bastante aos alunos, e as discussões foram bem produtivas. É possível então, que uma redução da quantidade de perguntas durante o MI auxilie a manter esse “clima” observado inicialmente. Muitos alunos que, geralmente, não participam muito das aulas, se mostraram bastante entusiasmados em contribuir com a discussão. Isso pareceu ao professor que a possibilidade de opinar, falar, participar da aula de forma efetiva agradou aos alunos, ainda que o longo tempo necessário para a aplicação do MI tenha feito com que esse “clima” diminuísse com o passar do tempo.

A inserção de elementos do cotidiano também ajudou muito na participação dos alunos, seja fazendo ou respondendo perguntas, seja prestando atenção à aula. Destacam-se, nesse caso, os exemplos sobre moto e quitungo. A grande presença da moto no cotidiano dos alunos e a visita ao quitungo ajudaram a enriquecer esses

exemplos. O início da segunda parte do MI mostrou uma mudança no comportamento dos alunos. A presença de cálculos e fórmulas diminuiu um pouco a atenção deles. Ainda assim, os exemplos do cotidiano auxiliaram para que essa atenção não diminuísse drasticamente. O professor/mestrando, durante os cálculos, observou a necessidade de inserir outros elementos para dar ainda mais significado ao conteúdo, conforme consta no diário de bordo: *“Senti falta de dados com valores de quantidade de energia que aproveitamos ao consumir uma maçã, por ex. Assim, poderíamos associar o consumo de determinado alimento com a realização de um determinado trabalho”*.

Também foi possível observar bastante interesse no momento da utilização dos vídeos sobre acidentes de motos, a montagem do estilingue e funcionamento dos freios de um veículo. Aparentemente, só a mudança dos recursos utilizados em sala de aula já agrada muito os alunos. De fato, eles pareceram gostar de ver coisas do cotidiano deles presentes em vários momentos da explicação, conforme sugere a opinião do aluno A14 citada na página 80, durante a análise das respostas da questão 09 do questionário.

Uma grande dificuldade observada durante a aplicação do material foi a falta de tempo da maioria dos alunos para resolver atividades em casa, visto que a maioria trabalha na lavoura durante o dia. Assim, tomou-se um tempo considerável das aulas para resolução dos exercícios, e fizeram-se necessárias revisões dos assuntos abordados nas aulas anteriores. É possível que a inserção de uma quantidade maior de exercícios, incluindo os resolvidos, durante a explicação da matéria, auxilie a minimizar esse aspecto.

Outra dificuldade que ampliou ainda mais a necessidade de revisões foram as chuvas ocorridas durante o período de aplicação do MI. Devido a elas algumas aulas foram perdidas, devido a pouca quantidade de alunos, e eram necessárias revisões do que já havia sido abordado.

A mudança do primeiro para o segundo trimestre, durante a aplicação do MI, também foi uma dificuldade enfrentada. Durante esse período, foi necessária a revisão do conteúdo abordado no trimestre e a aplicação de uma avaliação de recuperação trimestral, para os alunos que obtiveram média inferior a 60% da nota total (30 pontos). Devido a isso, a aplicação do MI foi interrompida por cerca de duas semanas, o que ocasionou quebra do raciocínio seguido, e a necessidade de novas

revisões ao ser retomado. Isso contribuiu para o esquecimento e/ou aumento da insegurança dos alunos em responder perguntas. Sobre esse aspecto o professor/mestrando fez a seguinte anotação, em relação a uma pergunta sobre como aumentar a capacidade de realização de Trabalho do Quitungo: *“Foi observada certa dificuldade dos alunos em entender essa pergunta. Mas insistindo em repetir a pergunta várias respostas corretas apareceram. Todavia, os alunos parecem possuir muita insegurança ao responder”*.

A parte final do MI, que aborda o conteúdo de Potência, parece ter surtido pouco efeito no aprendizado dos alunos. Aparentemente, o conteúdo não ficou suficientemente explicado e/ou a quantidade de exercícios pode ter sido pequena para se alcançar esse resultado. Também faltou no MI um momento, ao final, onde os alunos tivessem que construir um terceiro MC, sobre todo o conteúdo abordado. No momento da preparação do MI optou-se por explorar somente o aprendizado dos conceitos de Trabalho e Energia, que são os mais gerais. Todavia, acreditamos que a inserção desse terceiro MC poderia ter contribuído na análise da AS e do possível êxito do MI.

Todavia, a análise geral da aplicação do material é positiva, do ponto de vista do professor. A possibilidade de utilizar elementos do cotidiano do aluno, dando mais significado ao que se ensina, inclusive nos exercícios, gerou um ambiente diferente em sala de aula. A impressão que se teve é que os alunos percebiam o conteúdo com um pouco mais de familiaridade, como alguém que conversa sobre um assunto comum na sua comunidade. Vale realçar que o MI não foi utilizado meramente como material de apoio. A sequência e explicações contidas no mesmo foram seguidas o mais a risca possível. Esse processo pode ocorrer sem maiores dificuldades, o que auxiliou no desenvolvimento do conteúdo e do raciocínio seguido. Todavia, vale realçar que algumas partes do Material se mostraram repetitivas. Acredito que é possível fazer uma revisão no mesmo de modo a simplificá-lo em alguns pontos, sem perder em conteúdo e em metodologia.

Uma das principais mudanças ocorridas foi na minha postura e visão do processo de ensino-aprendizagem. O estudo e as reflexões sobre metodologias que buscassem inserir o aluno como agente ativo do processo, possibilitou-me refletir, de modo geral, sobre minha conduta até então, e daí pra frente. O planejamento das aulas, dadas após este trabalho de pesquisa, são agora permeados com questionamentos,

tais como: como dar mais significado a esse conteúdo? O que está presente no cotidiano dos alunos que eu poderia utilizar nesse momento? Como descobrir o que meu aluno já sabe sobre esse assunto? Como utilizar isso que ele já sabe para facilitar/promover a AS? Dessa forma, assim como o subsunçor interage com a nova informação e é modificado na AS, o professor/mestrando pode modificar, em diferentes graus, sua forma de ver, não só o conteúdo abordado, como também o próprio processo de ensino-aprendizagem.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo principal descrever e analisar o impacto da utilização de um Material Instrucional, abordando o estudo do Princípio de Conservação da Energia no contexto da zona rural, elaborado com base na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel *et al* (1980) e Ausubel (2002) e nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas propostas por Moreira (2011b). Assim, a partir da análise dos dados coletados, buscamos evidências da ocorrência de Aprendizagem Significativa dos alunos, nos tópicos estudados.

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões deste estudo. Além disso, são feitas sugestões para a realização de trabalhos futuros, visando a implementação de melhorias e correções em algumas lacunas observadas. Para as conclusões apresentadas leva-se em consideração os objetivos do trabalho, descritos na seção 3.1, que são:

1. Mapear a evolução da compreensão dos conceitos através dos Mapas Conceituais produzidos pelos alunos em busca de evidências de Aprendizagem Significativa;
2. Analisar os resultados das avaliações, buscando possíveis significados para as notas e questões de maior ou menor acerto;
3. Analisar as respostas fornecidas pelos alunos para as questões contidas no Material Instrucional, visando identificar as potencialidades desta estratégia para a promoção da Aprendizagem Significativa;
4. Mapear a opinião dos estudantes visando identificar pontos positivos e

negativos dos recursos instrucionais utilizados e do Material Instrucional como um todo;

5. Analisar o diário de bordo do professor, traçando um panorama geral da aplicação do Material Instrucional, do ponto de vista do professor/mestrando.

Para analisar a evolução da compreensão dos conceitos, consideramos os **Mapas Conceituais iniciais e finais** desenvolvidos pelos estudantes, antes e após a aplicação da primeira parte do Material Instrucional e dos **conceitos** utilizados pelos alunos na construção dos Mapas. Para a análise, os Mapas foram classificados utilizando os seguintes critérios propostos por Mendonça (2012): Hierarquia Conceitual, Qualidade do Mapa, total de conceitos utilizados e conceitos válidos, total de proposições e proposições válidas, quantidade de relações cruzadas e exemplos. Os resultados mostraram melhorias em todos os critérios considerados, quando comparados os resultados iniciais e finais.

A classificação dos conceitos utilizados pelos estudantes para a construção dos Mapas foi realizada agrupando-os nas seguintes categorias: Grandezas Físicas, Fenômenos Físicos, Utilização de Energia, Geração de energia e Outros. O principal resultado encontrado é que praticamente triplicou o número de Grandezas Físicas, que são os conceitos físicos mais relevantes no contexto do assunto em estudo, utilizados pelos estudantes depois da instrução.

Segundo Mendonça (2012), na construção de um MC necessita-se compreensão acerca das idéias transmitidas pelos conceitos que serão utilizados. Se a quantidade de proposições válidas e de conceitos importantes no MC for baixa, isso pode significar que não há clareza do que se está querendo explicitar com o MC. Assim, como foi observado um aumento da quantidade de conceitos centrais e importantes do conteúdo e do número de proposições válidas do primeiro para o segundo MC, isso pode indicar um aumento na compreensão das idéias transmitidas pelos conceitos e, portanto, a ocorrência de Aprendizagem Significativa.

A melhora observada na Hierarquia Conceitual dos mapas sugere a ocorrência do processo de diferenciação progressiva, sendo também um indicativo de que a estrutura cognitiva dos estudantes tenha ficado mais organizada. O aumento na quantidade de relações cruzadas reforça essa melhoria, na medida em que sugere

maior ocorrência de reconciliação integrativa. Em resumo, todos esses resultados aparecem como eventuais indicadores do êxito do Material Instrucional, sugerindo que o mesmo contribuiu para a ocorrência de Aprendizagem Significativa e que seja, portanto, um Material Instrucional Potencialmente Significativo (MOREIRA, 2011b).

A análise dos resultados das três **Avaliações** foi realizada separadamente. Para a primeira avaliação, que abrangia os conceitos de Trabalho e Energia, o resultado parece indicar que houve um aprendizado dos conceitos isolados de trabalho e energia. Comportamento semelhante foi observado na Segunda Avaliação, que abrangia os cálculos sobre Trabalho e Energia. A análise de algumas questões em cada Avaliação reforçou essa hipótese, na medida em que foi possível observar indicativos de captação de significados, compreensão, capacidade de explicar e de aplicar o conhecimento para resolver situações problema. Esse resultado está de acordo com o indicado por Moreira (2011b) como evidências de êxito de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa.

A análise da terceira avaliação, que envolvia todo o conteúdo, incluindo Transformação e Conservação de Energia e Potência, mostrou que a média da turma sofreu uma queda em relação às avaliações anteriores. Esse resultado, e a análise das questões de maior e menor acerto, pareceram indicar que, embora os alunos tenham tido bom rendimento nos cálculos isolados sobre trabalho e energia (segunda avaliação), este caiu quando se considerou as transformações de um tipo de energia em outro. Esse resultado também reforçou a possível deficiência em matemática, que também foi observada na análise da segunda avaliação. Todavia, ao analisarmos o resultado geral, podemos observar que aproximadamente 67% da turma ficaram com média geral acima de 60% e a média da turma nas três avaliações foi 65,4%. A prática em sala de aula e os resultados comumente obtidos em exames, como o PAEBES, por exemplo, nos mostra que essa porcentagem é superior ao geralmente observado. Esse resultado também sugere, portanto, captação de significados, capacidade de explicar e aplicar o conhecimento. Assim, a análise das avaliações fornece indícios da ocorrência de Aprendizagem Significativa.

A análise das **Questões** contidas no Material Instrucional foi realizada classificando as respostas dos estudantes de acordo com as características que possuíam. O resultado sugere que a aplicação do Material Instrucional proporcionou momentos



de interação social e negociação de significados, indo de encontro ao que foi estabelecido por Moreira (2011b) no passo 2 da UEPS onde afirma que deve-se criar condições que levem o aluno a expor seu conhecimento prévio, aceito ou não no contexto da matéria de ensino. Essa estratégia parece ter proporcionado aos alunos a possibilidade de utilizar-se de recursividade e corrigir as respostas que haviam fornecido no material.

Além disso, ressalta-se também que não encontramos diferenças estatisticamente significativas entre as notas dos estudantes que escreveram respostas inicialmente corretas ou erradas para as questões contidas ao longo do Material Instrucional. Todavia, para os casos onde o teste estatístico foi significativo, foi possível observar uma possível influência do MI e das discussões em sala, na nota dos estudantes. Entretanto, o fato de que, na maioria dos casos, não foi possível estabelecer uma relação entre esses dois conjuntos de dados, reforça a ideia de que a estratégia de utilização de um MI baseado na TAS seja capaz de proporcionar a negociação de significados, buscando tornar o aluno sujeito ativo do processo de ensino-aprendizagem.

A análise do **Questionário de Opinião** buscou identificar a visão dos estudantes sobre os impactos dos recursos instrucionais utilizadas ao longo do Material Instrucional. A análise realizada, inicialmente questão por questão e posteriormente de forma geral, mostrou que a Visita ao Quitungo foi o Recurso Instrucional que mais contribuiu nas atividades realizadas em sala de aula, seguido da utilização de elementos do cotidiano da zona rural. No entanto, o resultado sugere que os demais recursos utilizados (experimentos, vídeos e simulações) também parecem ter contribuído em menor ou maior grau para o aprendizado dos alunos.

Esse resultado também fornece indicativos de êxito do Material Instrucional, pois sugere que os recursos utilizados parecem ter contribuído para que os alunos apresentassem “disposição para aprender significativamente”, levando-se em conta que havia uma boa relação deles com os recursos Instrucionais e com o professor. Conforme estabelecido por Ausubel (2002), esse é um dos requisitos para que ocorra Aprendizagem Significativa.

A análise do **Diário de Bordo** do professor/mestrando apontou como principais aspectos da aplicação do Material Instrucional o momento de ler as respostas às questões contidas no Material e a possibilidade de reflexão dada aos alunos; a Utilização de Elementos do cotidiano da zona rural; a utilização de vídeos, e as discussões posteriores. Aparentemente, todos esses aspectos contribuíram positivamente no desenvolvimento do conteúdo.

Como aspectos que dificultaram a aplicação do Material Instrucional apontou-se o período de chuvas, a mudança do primeiro para o segundo trimestre e a falta de tempo da maioria dos estudantes em realizar atividades em casa. Devido a isso, tomou-se um tempo considerável das aulas para resolução dos exercícios e revisões. Foi possível também observar certo cansaço por parte dos alunos ao responder as questões contidas mais ao final do Material Instrucional. Isso fez com que, inclusive, alguns alunos deixassem de responder uma ou outra pergunta com a desculpa de não saber, para depois da discussão apenas escrever a resposta.

Todavia, as reflexões do professor/mestrando sugerem que a aplicação do Material Instrucional, de forma geral, tenha sido exitosa, na medida em que proporcionou várias atividades colaborativas, privilegiando o questionamento ao invés de respostas prontas, e buscou centralizar o aluno no processo de ensino-aprendizagem.

Por fim, é importante ressaltar que durante este trabalho de mestrado realizou-se uma avaliação sobre a aplicação deste Material onde foram apontadas, não somente evidências de ocorrência da Aprendizagem Significativa dos conceitos estudados mas também de alguns ajustes a serem feitos. Na medida em que estes ajustes forem efetuados e o MI for novamente aplicado e reavaliado, mais resultados serão agregados no sentido de comprovar sua eficácia em promover a Aprendizagem Significativa do Princípio da Conservação da Energia Mecânica, para alunos do Ensino Médio, provenientes do contexto rural.

### **Trabalhos Futuros**

Durante o desenvolvimento das atividades foram observados alguns aspectos presentes no Material Instrucional que, se alterados, poderiam ter proporcionado melhores resultados. Neste caso, sugere-se que, em trabalhos futuros, as seguintes

alterações sejam realizadas:

- ✓ Redução da quantidade de questões contidas no Material Instrucional. A finalidade é minimizar uma eventual pressão sentida pelos alunos, por ter, a todo tempo, que responder as questões. Dessa forma, esse processo poderia se tornar mais natural no contexto de sala de aula e consequentemente menos cansativo. Essa modificação deve ser feita de tal maneira que haja um espaço maior de conteúdo entre grupos de pergunta.
- ✓ Aumento da quantidade de exercícios e exercícios resolvidos, principalmente durante a explicação do conteúdo, e não somente ao final de cada parte. Dessa forma, os alunos poderão, mesmo em sala de aula, ter contato com mais situações problemas que os permitam testar, em determinados níveis, o quanto estão aprendendo do conteúdo. Se as características da turma permitirem, as listas de exercícios ao final de cada parte devem ser feitas em casa para que o tempo de aplicação do Material Instrucional não ultrapasse o planejado.
- ✓ Simplificação de algumas partes do Material. Na busca por promover a reconciliação integrativa, o Material Instrucional retoma constantemente aspectos mais gerais já estudados. Todavia, existem partes que ficaram repetitivas, por usarem o mesmo tipo de raciocínio e podem, portanto, ser simplificadas ou alteradas.
- ✓ Inserção de um experimento sobre força elástica, antes do cálculo de Energia Potencial Elástica, visando rever a Lei de Hooke.
- ✓ Ampliação da discussão e dos exercícios sobre Potência, ao final do Material Instrucional. O resultado da terceira avaliação sugere que deva ser dada uma atenção maior na discussão sobre potência. É possível que fornecendo-se mais detalhes sobre o que representa a grandeza potência e sua aplicabilidade gere resultados mais contundentes.
- ✓ Aplicação de um terceiro Mapa Conceitual ao final da aplicação do Material Instrucional. Como os dois Mapas Conceituais foram aplicados antes e após a primeira parte do Material, não foi possível analisar, através dessa ferramenta, a compreensão e evolução conceitual dos estudantes acerca do Princípio da Conservação de Energia. É possível que esse terceiro Mapa

indique mais evidências de Aprendizagem Significativa que não puderam ser observadas com os demais Recursos Instrucionais.

- ✓ Pedir que os alunos expliquem os mapas conceituais. Essa explicação pode ser oralmente (devendo ser gravada ou filmada) ou por escrito.

### **Opinião Final do Professor/Mestrando**

Como ponto final do Trabalho gostaria de realçar a importância de ter realizado essa pesquisa e ter participado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Profissional – PPGEEnFis/UFES. Como aluno do Mestrado, tive a oportunidade de refletir de diferentes maneiras sobre minha prática em sala de aula. O conhecimento sobre Teorias de Aprendizagem, sobretudo a Teoria da Aprendizagem Significativa forneceu-me uma série de recursos que, atualmente, são inseridos em minha vida profissional. Destaca-se a mudança na forma de pensar sobre o Ensino. Ao invés de buscar formas de ensinar um determinado conteúdo, passei a buscar formas de possibilitar que esse conteúdo tenha algum significado para meus alunos e seja aprendido de maneira Significativa.

Outra grande experiência foi passar pelo processo de preparar um Material Instrucional, aplicá-lo, coletar dados e debruçar-me sobre a análise. Horas de dedicação, tabelas e tabelas criadas, textos escritos e refeitos inúmeras vezes, puderam mostrar a dedicação e seriedade que exige algo tão importante como é a Pesquisa em Ensino. Sem dúvidas, é necessário que inúmeras pessoas passem por essa experiência para que haja, em sala de aula, uma mudança na forma como o ensino é organizado atualmente.

## CAPÍTULO 6

### REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. M. W., FONTANINI, M. L. C. Aprendizagem Significativa em atividades de Modelagem Matemática: Uma investigação usando mapas conceituais. **Investigações em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v. 15, n. 2, p 403 - 425, 2010.

ALVARENGA, Beatriz & Máximo, Antônio. **FÍSICA**, volume 3. São Paulo. Ed. Scipione, 2008.

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J.D., & HANESIAN, H. (1980). **Psicologia educacional** (2a ed., E. NICK, H. B. C. RODRIGUES, L. PEOTTA, M.A. FONTES, & M. G. R. MARON, Trad.). Rio de Janeiro: Interamericana. (Obra original publicada em 1978).

AUSUBEL, D. P. (2002). **Adquisición y retención del conocimiento**: Uma perspectiva cognitiva (G. S. Barberán, Trad.). Barcelona: Paidós. (Obra original publicada em 2000)

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BRASIL. Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 dez. 1996. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm)>. Acesso em: 09 jul. 2014.

CAÑETE, L. S. C. **O diário de bordo como instrumento de reflexão crítica da prática do professor**. 2010. 151 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

FERRACIOLI, L. Mapas conceituais como instrumento de eliciação do conhecimento. **Revista Didática Sistemica**. Rio Grande/RS, v. 5, trimestral, janeiro a junho de 2007, p. 65-77, ISSN: 1809-3108.

LIBARDI, D. M. **A utilização de um material instrucional potencialmente significativo para o ensino do conceito de temperatura: Um estudo com alunos do ensino médio.** 2014. 91 f. Dissertação (Programa de pós Graduação em Ensino de Física – PPGenFis – Departamento de Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, (providenciando correções solicitadas pela banca) 2014.

MENDONÇA, C. A. S. **O uso do mapa conceitual progressivo como recurso facilitador da aprendizagem significativa em Ciências Naturais e Biologia.** 2012. 349 f. Tese (Programa internacional de doctorado Enseñanza de las ciencias)-Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Burgos, Burgos, 2012.

MOREIRA, M. A.; MASINI, Elcie F. Salzano. Ensino e aprendizagem: enfoques teóricos. São Paulo: Moraes, 1985.

MOREIRA, M.A.; ROSA, P. Mapas Conceituais. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 17-25, abr. 1986.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem.** São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e diagramas V.** Porto Alegre: Autor. 2006.

MOREIRA, M.A. Organizadores Prévios e Aprendizagem Significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, Santiago, v. 7, n. 2, p. 23-30, 2008.

MOREIRA, M.A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino.** 1. ed. Porto Alegre: Livraria da Física, 2011a.

MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1(n. 2), p. 43-63. 2011b.

NOVAK, J. D., & GOWIN, D. B. (1999). **Aprender a aprender** (2a. ed., C. Valadares, Trad.). Lisboa: Plátamo Editora. (Obra original publicada em 1984)

NOVAK, J. D. (2000). **Aprender a criar e utilizar o conhecimento:** Mapas conceituais como ferramenta de facilitação nas escolas e empresas (A. Rabaça & J. Valadares, Trad.). Lisboa: Paralelo Editora. (Obra original publicada em 1998).

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. **A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los.** *Práxis Educativa*, Ponta Grossa, v.5, n.1, jan./jun. 2010. Disponível em <<http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TeoriaSubjacenteAosMapasConceituais.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2014.

PORLÁN, R. e MARTÍN, J. **El diario del professor.** Sevilla: Díada Editora, 2004.

Steffens, C. A., Veit, E. A., Silveira, F. L. **Uma introdução ao processo da medição no ensino médio.** Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2008. 86 p. : il. (Moreira, M. A., Veit, E. A. **Textos de apoio ao professor de física.** ISSN 1807-2763; v. 19 , n. 2).

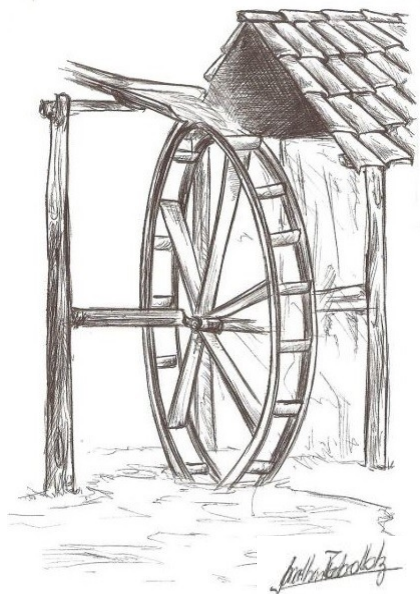
TROWBRIDGE, J. E., & WANDERSEE, J. H. (2000). **Observation rubrics for science assessment**. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. D. Novak (Eds.), *Teaching Assessment for understanding*. New York: Academic Press.

# **APÊNDICE**

## **PRODUTO EDUCACIONAL**

**MATERIAL INSTRUCIONAL ABORDANDO O PRINCÍPIO DE  
CONSERVAÇÃO DA ENERGIA**





# CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA

## Material do Aluno

Nome: \_\_\_\_\_

Série: \_\_\_\_\_

### Autores

Claytor Vieira da Silva  
Giuseppi Camiletti

## APRESENTAÇÃO

### Prezado Aluno

Este material que você está recebendo aborda os conteúdos relacionados ao princípio da conservação da energia. Iniciaremos com uma visita a um quitungo para visualizar o funcionamento deste mecanismo, que serve para a execução de algumas tarefas do cotidiano da zona rural tais como moer milho, lavar e ralar mandioca, pilar café entre outros. Mostraremos como os conceitos de energia e trabalho podem ser utilizados para explicar seu funcionamento.

O enfoque adotado ao longo deste material busca discutir os fenômenos e conceitos de forma contextualizada com o cotidiano da área rural. Ao invés de um bloco genérico, a discussão será feita pensando em uma caixa de tomate, por exemplo. Outro importante diferencial é o contínuo estímulo à sua participação ativa nas reflexões e discussões dos conteúdos e conceitos abordados, bem como no registro de suas impressões e concepções sobre o que está sendo estudado. Utilizaremos também em sala de aula experimentos, simulações computacionais, vídeos e objetos presentes no cotidiano da zona rural, buscando facilitar sua visualização a respeito do conteúdo abordado.

Atualmente, estou cursando o Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Espírito Santo – PPGEnFis/UFES. Assim, a elaboração deste material ocorreu como uma das etapas obrigatórias do curso. A próxima etapa é a utilização no contexto das aulas obrigatórias do currículo da disciplina de Física. Ele será aplicado na Escola de Ensino Fundamental e Médio “Guilhermina Hulda Kruger Reinholz”, localizada na zona rural de Santa Leopoldina – ES, Brasil.

A estruturação foi baseada nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) desenvolvida por Moreira (disponibilizada pelo autor), cujo objetivo principal é orientar o desenvolvimento de unidades de ensino potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento declarativo e/ou procedimental. Outra premissa foi a utilização de situações problemas do cotidiano da zona rural, dados que praticamente todos eles são moradores do campo e a maioria permanece na agricultura após terminarem o Ensino Médio.

Para o aprimoramento de nossa obra, sempre serão bem vindas críticas, sugestões e comentários de colegas professores e dos estudantes, e poderão ser encaminhadas para o seguinte endereço eletrônico: [claytor.vieira@gmail.com](mailto:claytor.vieira@gmail.com)

Por fim, quero registrar meus agradecimentos ao Jonathan Teodoro Holz, talentoso artista plástico de Santa Leopoldina – ES, por ter criado e gentilmente cedido as caricaturas utilizadas ao longo do texto deste material instrucional.

***“O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário.”***  
***Albert Einstein***

**Claytor Vieira da Silva**  
**Fevereiro de 2013**

# SUMÁRIO

<b>1 - Apresentação dos objetivos da visita ao Quitungo.....</b>	<b>04</b>
<b>2 - Questionário da Visita ao Quitungo .....</b>	<b>05</b>
<b>3 - Discussão dos questionários e elaboração de Mapa conceitual .....</b>	<b>06</b>
<b>4 - Conceitos de Trabalho e energia .....</b>	<b>07</b>
4.1 - Introdução .....	07
4.2 - Formas Disponíveis de Energia .....	10
<b>5 - Cálculo do Trabalho e da Energia .....</b>	<b>16</b>
5.1 - Trabalho de Força Constante .....	16
5.2 - Trabalho de Força não Constante .....	20
5.3 - Cálculo da Energia Potencial .....	20
5.4 - Cálculo da Energia Cinética .....	24
<b>6 - Princípio da Conservação da Energia .....</b>	<b>30</b>
6.1 - Estilingue .....	30
6.2 – Quitungo .....	31
6.3 - Caixa de Tomate .....	31
6.4 - Moto .....	33
6.5 - Conservação da Energia Mecânica .....	36
6.6 - Forças conservativas e forças não conservativas.....	39
6.7 - Potência .....	40
6.8 - Ampliando a Discussão sobre Potência .....	41
<b>7 – Respostas dos exercícios .....</b>	<b>47</b>
<b>8 - Referências Bibliográficas .....</b>	<b>49</b>
<b>Anexos – Avaliações</b>	
<b>Anexo A – Avaliação da primeira parte do Material Instrucional</b>	
<b>Anexo B - Avaliação da segunda parte do Material Instrucional</b>	
<b>Anexo C - Avaliação final do Material Instrucional</b>	

## 1 - VISITA AO QUITUNGO

### Prezados alunos

O objetivo desta visita é proporcionar a visualização *in lócus* deste mecanismo em funcionamento, que serve para a execução de algumas tarefas do cotidiano da zona rural tais como moer milho, lavar e ralar mandioca, pilar café entre outros. Durante a visita observem detalhes dos mecanismos envolvidos no funcionamento do Quitungo de modo que possamos utilizá-los durante as aulas como exemplos para os estudos dos fenômenos Físicos envolvidos relacionados ao princípio de **transformação e conservação da energia**.

Os Mecanismos do Quitungo são os objetos que o constituem (eixos, polias, mancais, rodete, misturador, “roda d’água”, etc), construídos de modo a utilizar/aproveitar o movimento de queda da água, para realizar trabalhos de interesse do cotidiano da zona rural.

No espaço abaixo, faremos um esquema representativo do Quitungo para anotações dos valores de alguns parâmetros a serem utilizados nas discussões das aulas seguintes. As medidas a serem feitas no local são:

- ✓ Vazão da bica de água do quitungo, utilizando um balde com volume conhecido e um cronômetro;
- ✓ Período de rotação da roda do quitungo, utilizando o cronômetro;
- ✓ Volume das “caixas” da roda do quitungo, utilizando um recipiente de volume conhecido;
- ✓ Diâmetro da roda do quitungo.

Local para desenhar o esquema do Quitungo e registrar os valores das medidas efetuadas.

## 2 -QUESTIONÁRIO DA VISITA AO QUITUNGO

Após visitar o Quitungo, responda cada uma das perguntas abaixo **individualmente** e baseado apenas em **seu ponto de vista** sobre o assunto.



**1 - Porque a água consegue provocar o movimento da roda?**



**2 - Você é capaz de descrever um tipo de terreno que possua um riacho, mas que não possa ser utilizado para fazer uma roda tal como a do Quitungo girar?**



**3 - Imagine que fosse necessário reutilizar a água para fazer a roda girar novamente. E ainda, que você precisasse fazer isso por conta própria utilizando um balde. Após repedidas “viagens” você se sentiria cansado. Qual sua explicação para este cansaço?**



**4 - Bom, como a água está lá todos os dias e não fomos nenhum de nós que a colocou no alto da montanha (onde ela nasce), como você acha que ela foi parar lá em cima?**

### 3 - DISCUSSÃO DOS QUESTIONÁRIOS E MAPA CONCEITUAL

Nos próximos 30 minutos, vamos discutir as respostas para cada questão. Vamos utilizar a seguinte estratégia:

1. O estudante lê a sua resposta e os outros são convidados a comentar e fazer suas considerações.
2. O professor irá mediar a discussão incluindo novas questões em direção aos conceitos desejados e/ou sedimentando possíveis conhecimentos científicos pré-existentes nos estudantes;
3. Para finalizar a discussão, solicito que cada estudante elabore um Mapa Conceitual sobre seu entendimento do conceito de **ENERGIA**. Utilize o espaço abaixo (15 minutos).



#### CONSTRUÇÃO DE MAPA CONCEITUAL

Construa abaixo um mapa conceitual sobre seu entendimento do conceito de **Energia**.

## 4 - CONCEITOS DE TRABALHO E ENERGIA

Ao final desta seção, o aluno deverá ser capaz de:

- ✓ Compreender o conceito de **trabalho**;
- ✓ Compreender o conceito de **energia**;
- ✓ Identificar em situações cotidianas a disponibilidade da **energia cinética e potencial**.

### 4.1 - Introdução

Como foi possível observar, o **Quitungo**, ilustrado na Figura 4.1, pode realizar várias tarefas que facilitam a nossa vida, tais como a lavagem e moagem da mandioca, a movimentação da farinha enquanto está sendo torrada e pilagem<sup>1</sup> de café. Um mecanismo alternativo para a moagem da mandioca pode ser visto no vídeo <http://www.youtube.com/watch?v=QMELjYvuvSU>.

Podemos também analisar outros exemplos como a utilização da **Tobata**, que num curto intervalo de tempo, torna possível o preparo de uma área grande de terra para o plantio. Anteriormente, este trabalho era realizado manualmente com a utilização da enxada ou com o auxílio de alguma força animal. De maneira similar, temos o **carrinho de mão** que facilita o transporte de pequenos volumes, mostrado na Figura 4.2.

A **bicicleta** também é um bom exemplo de mecanismo que facilita bastante nosso deslocamento, principalmente em curtas distâncias. O **estilingue** - objeto feito amarrando-se um material elástico, que pode ser mangueira tipo soro ou uma tira de borracha, a um pedaço de madeira em forma de Y e um pequeno pedaço de pano ou couro, mostrado na Figura 4.3 – que infelizmente já foi muito utilizado para a caça de passarinhos – permite atirar pedras em alta velocidade e com boa pontaria.

E ainda, **carrose/ou motos**, mostrada na Figura 4.4, possibilitam grandes deslocamentos em curto espaço de tempo. Imaginemos como seria ter que sair de Vitória - ES e se deslocar a outro estado como Bahia, por exemplo, a pé, ou no lombo de um cavalo. *Sem dúvida alguma, todas essas máquinas nos proporcionaram um enorme conforto e diminuição do nosso esforço.*

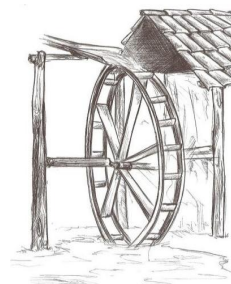


Figura 4.1: "Roda d'água" do Quitungo.



Figura 4.2: Carrinho de mão.



Figura 4.3: Estilingue.



Figura 4.4: Moto.

<sup>1</sup>Pilagem – atividade que consiste na retirada da casca e do pergaminho do grão de café, gerando o que popularmente chama-se de palha. Ref. Instrução Normativa do IDAF Nº 006, de 22 de julho de 2008. [www.idaf.es.gov.br](http://www.idaf.es.gov.br)

Em todos os casos apresentados anteriormente, podemos observar a substituição do “esforço humano” pelo “esforço de uma máquina”. Observe que o *esforço* não deixou de existir, ele apenas foi transferido do homem para a máquina.

Mas, o que seria afinal esse esforço? Para responder essa pergunta, vamos analisar com um pouco mais de atenção alguns dos exemplos citados acima.

- ✓ No **quitungo**, durante o processo de moagem da mandioca, é necessário que os “dentes” do rodete apliquem uma força na raiz da mandioca e que haja um deslocamento de modo a arrancar uma porção da mesma. Ainda no quitungo, para mexer a farinha enquanto ela está sendo torrada é necessário que a pá do misturador aplique uma força na farinha e provoque seu deslocamento.
- ✓ Para andar de **bicicleta**, faz-se necessário aplicar uma força nos pedais, provocando o movimento da corrente e o giro da roda traseira, fazendo com que o conjunto inteiro se movimente.
- ✓ Para atirar pedras com o **estilingue**, faz-se necessário posicionar a pedra e fazer uma força para esticar a corda elástica.
- ✓ Para empurrar um **carrinho de mão** também devemos aplicar uma força para levantá-lo e outra para empurrá-lo.
- ✓ **Carros, motos e tobatas** aplicam força e deslocam passageiros, terras ou objetos.

Assim, tanto uma pessoa quanto uma máquina, para realizar uma tarefa precisa aplicar uma **força** e provocar um **deslocamento**. Portanto, todas as vezes que isso ocorrer, dizemos que estamos realizando **Trabalho**.

#### DEFINIÇÃO INICIAL DE TRABALHO

Quando uma **força** aplicada em algum ponto for a responsável pelo **deslocamento** do mesmo, dizemos que esta força realizou um **Trabalho**.

De acordo com esta definição, podemos dizer que todas as máquinas ou mecanismos citados anteriormente realizam trabalho quando executam as tarefas descritas. Outro aspecto a ser observado é que em todas as máquinas ou mecanismos, para que o trabalho seja realizado, faz-se necessário o consumo ou a disponibilidade de “algo”.



O que seria esse “algo” em cada caso?

#### Carro, moto ou tobata

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---

#### Bicicleta, carrinho de mão e estilingue,

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---



**Quitungo**

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---



**Pensando em cada um destes casos, qual seria sua definição para este “algo”?**

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---

Uma definição inicial para este algo seria aquilo que nos fornece a capacidade de realizar o **trabalho** relativo às necessidades citadas. Portanto, este “algo” do qual necessitamos para realizar trabalho será chamado de **Energia**:

**DEFINIÇÃO INICIAL DE ENERGIA**

**Energia** é a capacidade de realizar **Trabalho**.

Assim, pode-se concluir que, para que um trabalho seja realizado faz-se necessária a disponibilidade de uma quantidade equivalente de energia.



**De onde a energia é retirada em cada caso?**

No caso do **carro, da moto e da tobata**?

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---



**No caso da bicicleta, carrinho de mão e do estilingue?**

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---

**No caso do quitungo?**

Escreva sua resposta aqui.

Caso seja necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

Note que este “algo”, ou seja, a Energia, pode ser encontrada em diferentes lugares e pode estar disponível de diferentes formas. Assim, faz-se necessária a construção de máquinas compostas de diferentes mecanismos para que seja possível utilizar a energia disponível e com isso realizar Trabalho.

## 4.2 - Formas Disponíveis de Energia

Já foi visto que, para que seja possível realizar trabalho é necessário ter a disponibilidade de energia. E esta pode estar disponível de diferentes formas. Alguns exemplos são:

- ✓ Nos veículos motorizados ela está no combustível utilizado;
- ✓ Nas ações realizadas pelo nosso corpo ela está nos alimentos que nós consumimos;
- ✓ No quitungo ela está na água atraída pela Terra e que se encontra a uma certa altura do chão;
- ✓ No estilingue ela está no mecanismo constituído da base Y e de uma corda elástica amarrada e que é esticada.

Assim, podemos dizer que a energia pode estar disponível de diferentes formas ou que pode ser retirada de diferentes fontes. Todavia, em nosso estudo atual, analisaremos somente as situações em que a energia possa ser retirada de duas situações:

- 1) De um objeto em movimento.
- 2) Da interação entre dois ou mais corpos.

Para estudarmos o primeiro tipo, vamos analisar uma situação muito comum -e preocupante - que são os deslocamentos utilizando motos, que estão presentes na maioria das casas dos moradores da zona rural. Apesar da existência de muitos buracos, poeira em excesso ou lama nas épocas das chuvas é possível observar muitos motociclistas andando em alta velocidade, invadindo a contramão e pilotando sem o equipamento necessário de segurança, ingredientes suficientes para a ocorrência dos acidentes.

Assim, quando o motociclista atinge um determinado “alvo”, que pode ser outra moto, um carro, um muro ou até mesmo um pedestre, ele aplica uma *força* e pode provocar seu *deslocamento* e na maioria dos casos, um grande estrago. Note que, nesta situação, ocorre a realização de **trabalho**. Portanto, podemos concluir que quando um corpo está em movimento ele possui a capacidade de realizar **trabalho**. Consequentemente ele possui uma **energia** disponível. Assim,

**DEFINIÇÃO CONCEITUAL DE ENERGIA CINÉTICA**

A energia disponível em um objeto que está em movimento é chamada de **Energia Cinética**.

Para entendermos a energia que está associada com a interação entre dois ou mais corpos, voltamos a analisar o exemplo do quitungo. Já discutimos, durante as discussões pós visita, que o desnível existente entre o ponto onde a água está disponível e o ponto o Quitungo foi instalado é a condição para que a água possa efetuar a rotação da roda. Analisando esta situação podemos perceber que a água executa uma *força* na roda e provoca um *deslocamento* e, portanto, realiza **trabalho**. Então a água que corre pela bica, que desemboca na roda, possui uma **energia** disponível.



**Note que a água “cai” pois a Terra puxa ela para baixo! Se fosse possível “desligar” essa força de atração entre a Terra e a água, o que seria do funcionamento do Quitungo?**

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.



**Você acha que um quitungo movido a água poderia funcionar em um terreno que não apresenta desnível? Porque?**

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

Uma análise semelhante pode ser feita com o estilingue.



### USANDO O EXPERIMENTO COM O PROFESSOR...

#### Experimento 1: Estilingue e a energia potencial elástica

Esse experimento é utilizado para lançar em alta velocidade uma pedra e/ou bolinha de papel a grandes distâncias.

- ✓ Em um local seguro, faça lançamentos com diferentes bolinhas de papel.
- ✓ Faça lançamentos com diferentes elongações do elástico.

Obs: Antigamente, utilizava-se o estilingue para atirar pedras em passarinhos, causando-os ferimentos e até a morte. Este experimento JAMAIS deverá ser utilizado para este fim!

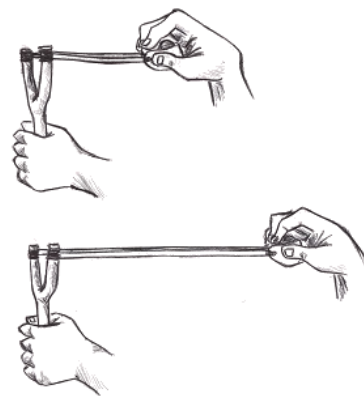


Figura 4.5: Estilingue antes e após ser esticado.

Neste experimento, o objeto é posicionado no pano/couro e a corda elástica é esticada. Após a liberação, a corda preso à base Y executa uma *força* na pedra e provoca seu *deslocamento*, realizando **trabalho**. Então esse mecanismo base Y + corda elástica possui uma **energia** disponível. Note que a pedra é lançada pois a corda elástica esticada a empurra.



**Se este material não fosse elástico seria possível construir o estilingue?**

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.



**Você acha que o estilingue pode lançar a pedra sem ser esticado? Porque?**

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

#### Como Construir?

O vídeo disponível no link <http://www.youtube.com/watch?v=j5xLFhBSang> mostra os materiais e o procedimento para a construção de um estilingue.

Observando o Quitungo e o estilingue, pode-se perceber que além da força de interação entre dois corpos, que no caso do Quitungo é entre a água e a Terra e no caso do Estilingue é entre a corda e a base Y, é necessário que eles estejam dispostos em uma determinada configuração para que possam realizar **trabalho** e, conseqüentemente, possuam uma **energia** disponível. Assim:

#### DEFINIÇÃO CONCEITUAL DE ENERGIA POTENCIAL

A energia disponível em um sistema de dois ou mais corpos que interagem entre si dispostos em uma determinada configuração, é chamada de **Energia Potencial**.

Agora que já sabemos que um corpo em movimento pode realizar trabalho e que se existe uma força de interação entre dois corpos eles também podem realizar trabalho, uma pergunta de ordem prática surge naturalmente.



**Como podemos saber a quantidade de energia necessária para a realização de um trabalho específico?**

Tomando como exemplo tarefas do nosso dia-a-dia, poderíamos estar interessado em saber:



**Qual o trabalho necessário para deslocar uma caixa de tomate de 20kg com auxílio de um carrinho de mão por uma distância de 10 metros? Qual o trabalho necessário para andar de bicicleta desde a Prefeitura de Santa Leopoldina até o Museu do Colono, que estão distantes aproximadamente 500 metros? Qual o trabalho necessário para ralar a mandioca no quitungo?**

Como já sabemos que para a realização de **trabalho** faz-se necessário a disponibilidade de **energia**, a resposta a perguntas dessa natureza são importantes pois permite a previsão dos gastos em termos de energia que serão necessários para a realização de tarefas do nosso dia-a-dia. Nos dois primeiros a energia vem dos alimentos e no último, da energia potencial da água. Mas se o quitungo não utilizasse água, deveria ser movido por um motor elétrico. E no final das contas, isso implica em gastos para o nosso bolso!

Problemas de cálculo de trabalho ocuparam interesses de engenheiros, arquitetos, físicos, químicos, governos, indústrias, etc. desde os tempos mais remotos. Por isso, motivaram a busca de cientistas como Sir Isaac Newton (1643 - 1727) por uma solução e que será apresentada na próxima seção.



### CONSTRUÇÃO DE MAPA CONCEITUAL

Construa abaixo um mapa conceitual sobre seu entendimento dos conceitos de **Trabalho** e **Energia**.

---

**PRIMEIRA LISTA DE EXERCÍCIOS. CONCEITOS DE TRABALHO E ENERGIA**

Os exercícios abaixo devem ser resolvidos em casa e são relacionados aos conceitos de Trabalho e Energia, discutidos nesta seção. Ao iniciar a resolução dos exercícios faça uma nova leitura do texto.

- 1 - Baseados nos estudos e discussões realizados até este momento escreva a definição dos conceitos de Trabalho e Energia?
- 2 - Com relação a bica d'água utilizada para produzir o movimento da roda do quitungo, assinale a(s) alternativa(s) que contém um ponto onde a água possui energia potencial gravitacional.
  - a) Em repouso na represa.
  - b) No momento em que atinge a roda.
  - c) Dentro das caixas da roda d'água.
  - d) Abaixo da roda d'água, na poça que se forma;
  - e) Dentro da calha que conduz a água até a roda d'água
- 3 - Um agricultor, descansando após o almoço, se distrai lançando uma pedra verticalmente para cima. Desprezando-se a resistência do ar ao movimento da pedra, marque a opção que explica o que acontece com as energias cinética e potencial durante os movimentos de subida e descida da pedra.
  - a) A energia cinética da pedra aumenta durante a subida, atinge um valor máximo no ponto mais alto e diminui na descida. Com a energia potencial ocorre o contrário.
  - b) A energia cinética da pedra aumenta durante a subida, atinge um valor máximo no ponto mais alto e aumenta na descida. Com a energia potencial ocorre o mesmo.
  - c) A energia potencial da pedra aumenta durante a subida, atinge um valor máximo no ponto mais alto e diminui na descida. Com a energia cinética ocorre o contrário.
  - d) A energia potencial da pedra aumenta durante a subida, atinge um valor máximo no ponto mais alto e aumenta na descida. Com a energia cinética ocorre o contrário.
  - e) A energia cinética da pedra diminui durante a subida, atinge o valor zero no ponto mais alto e aumenta na descida. Com a energia potencial ocorre o mesmo.
- 4 - Do ponto de vista da Física, uma pessoa que permanece sentada está realizando algum trabalho? Explique.
- 5 - Considere a movimentação feita com a enxada ao se capinar um terreno. Explique as transformações de energia que ocorrem na realização desta atividade.

## 5 - CÁLCULO DO TRABALHO E DA ENERGIA

Ao final desta seção, o aluno deverá ser capaz de:

- ✓ Calcular o **trabalho** de uma força constante;
- ✓ Calcular a **energia potencial gravitacional** de um corpo;
- ✓ Calcular a **energia potencial elástica** de um corpo;
- ✓ Calcular a **energia cinética** de um corpo em movimento;
- ✓ Relacionar a variação da **energia potencial** com a realização de **trabalho**.
- ✓ Relacionar a variação da **energia cinética** com a realização de **trabalho**.

### 5.1 - Trabalho de Força Constante

No nosso dia a dia, o carrinho de mão é utilizado para o transporte de diversos objetos. Com ele, podemos reduzir o esforço que devemos fazer para transportar os objetos.



#### USANDO O EXPERIMENTO COM O PROFESSOR...

##### Experimento 2: Utilização do carrinho de mão

Para transportar alguma verdura ou fruta colhida na sua propriedade, deveremos executar dois movimentos:

- 1 – Erguer a parte traseira do carrinho de mão.
- 2 – Empurrar o carrinho para frente.

Vamos analisar, do ponto de vista da Física, o movimento do carrinho e a consequente realização de trabalho. A Figura 5.1 ao lado ilustra esta atividade.



Figura 5.1: Carrinho de mão sendo utilizado para transportar frutas e/ou verduras.

**Construa um esquema do carrinho e desenhe as forças necessárias para movimentar o carrinho.**

<p>Escreva sua resposta aqui.</p>	<p>Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.</p>
-----------------------------------	--



**Qual(is) força(s) efetivamente realiza(m) trabalho?**

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---

Observe que o primeiro movimento exige uma força vertical que serve somente para manter erguida a parte traseira do carrinho, mas não é suficiente para promover o deslocamento horizontal do mesmo. Como essa elevação inicial não contribui para deslocar o carrinho de um lado a outro esse trabalho não será levado em conta para o cálculo que nos interessa no momento que é o necessário para o deslocamento horizontal.

Vamos explicar melhor essa questão. Alguém poderia questionar que o simples ato de manter o carrinho erguido provoca cansaço. Isso não estaria relacionado à realização de trabalho? De fato, para que um músculo do nosso corpo exerça uma força ele precisa efetuar pequenos movimentos internos das fibras musculares. E esses movimentos envolvem força e deslocamento e, portanto, há a realização de trabalho. No entanto, como ele não contribui diretamente para o deslocamento horizontal ele não será considerado. Uma discussão aprofundada deste assunto pode ser encontrada em OKUNO (1982).

Assim, vamos considerar então somente a força necessária para que ocorra o deslocamento horizontal. A aplicação de uma força vai provocar um cansaço na pessoa, que será proporcional à distância que o carrinho for empurrado. O surgimento da ideia de quantificar esse “esforço” se deu por volta do século XVIII, quando as primeiras máquinas a vapor foram criadas. Foi elaborado um *padrão de consumo de energia* para comparar a eficiência das máquinas, que ficou conhecido posteriormente como **trabalho**. Este padrão levava em consideração a **força** que a máquina aplicava e a **distância** que ela conseguia transportar uma dada carga e era determinado pelo produto dos dois, ou seja:

**DEFINIÇÃO MATEMÁTICA DE TRABALHO DE UMA FORÇA CONSTANTE E DESLOCAMENTO EM LINHA RETA**

Trabalho = Força x Deslocamento ou simplesmente  $T = F \cdot d$

Considerando a **força** aplicada paralela e no mesmo sentido do **deslocamento**.

Assim, uma máquina que necessitava aplicar uma força menor para deslocar a mesma carga na mesma distância do que outra era mais eficiente, pois consumia menos combustível. Passado algum tempo, observou-se que o fato de ser possível deslocar o mesmo objeto com uma força menor está diretamente relacionado com a quantidade de **energia** necessária para a realização daquela quantidade de **trabalho**. Hoje já se sabe que na verdade a “disponibilidade de **energia** está diretamente relacionada com a capacidade de realizar **trabalho**”.

Retornando ao exemplo do carrinho de mão, e estimando que a força horizontal que deve ser feita é de aproximadamente 100N o trabalho realizado seria de:

$$T = 100\text{N} \times 10\text{m} = 1.000 \text{ Joules}$$

Este valor estimado é o **trabalho** gasto para deslocar a caixa de tomate. Esta quantidade de energia necessária deverá ser disponibilizada pelo nosso próprio corpo!

Sabendo-se que o caminho entre a Prefeitura de Santa Leopoldina e o Museu do Colono é horizontal e estimando a força média feita para impulsionar a bicicleta em 300N, entre os dois pontos, o trabalho a ser realizado nesta situação é de:

$$T = 300\text{N} \times 500\text{m} = 150.000 \text{ Joules}$$

Este valor estimado é o **trabalho** gasto para pedalar a bicicleta e se locomover entre os dois pontos da cidade. Esta quantidade de energia necessária deverá ser disponibilizada pelo nosso próprio corpo!

A estimativa do trabalho no quitungo pode ser feita considerando que o diâmetro médio de uma mandioca é de 15cm e que a força média em uma fileira de dentes é de 10N. Devemos considerar ainda que a cada volta umas 4 fileiras estão em contato com o rodete. Assim:

$$T = (10\text{N} \times 4 \text{ fileiras}) \times 0,15\text{m} = 6 \text{ Joules}$$

Este valor estimado é o **trabalho** gasto para ralar uma camada de mandioca. A energia potencial da água a responsável pela realização deste trabalho.

Representações gráficas da relação entre duas variáveis permitem interpretações úteis em muitas situações. Assim, vamos representar graficamente os valores da força no eixo y e do deslocamento no eixo x para estas situações em que a força é constante e paralela ao deslocamento em todo o percurso. No gráfico da Figura 5.2ao lado pode-se perceber que o valor do trabalho pode ser encontrado numericamente como sendo o valor da **área** abaixo do gráfico.

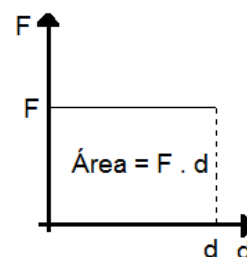


Figura 5.2: Gráfico  $F \times d$

Em todos os exemplos acima, foi considerado que a força exercida é constante e que estava paralela ao deslocamento que ela provocou. Entretanto, existem vários casos em que essa situação não se verifica e, portanto, o cálculo do trabalho necessita da utilização de ferramentas matemáticas adicionais.

O nome da unidade foi uma homenagem ao físico inglês do século XIX, James Prescott Joule (1818-1889) que se ocupou do estudo dos problemas relacionados ao cálculo do trabalho, a multiplicação da unidade de força pelo deslocamento, no sentido de realização de trabalho. Assim:

$$1 \text{ Newton} \times 1 \text{ metro} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ Joule}$$

No Sistema Internacional de Unidades (SI)

Note que, a definição de **trabalho** envolve duas *grandezas vetoriais* que são: **força** e **deslocamento**. Entretanto, na equação  $T = F \cdot d$  refere-se apenas aos *módulos* dessas grandezas, isto é, o **trabalho** é uma *grandeza escalar*. Todavia, caso a força em questão esteja atuando contrária ao movimento, ou seja, buscando diminuir a velocidade do móvel, o trabalho realizado por esta força é negativo, pois tende a parar um corpo que está em movimento.

Outra situação a ser observado é quando uma força não atua paralelamente ao deslocamento do corpo. A Figura 5.3-a abaixo ilustra essa situação. Sempre que a força não é paralela ao deslocamento, podemos fazer o que se chama decomposição de um vetor em suas componentes paralelas e perpendiculares. Tudo se passa como se a Força  $F$  aplicada fosse substituídas por duas forças perpendiculares entre si, de acordo com o mostrado no desenho ao lado. Na prática, o resultado da aplicação da Força  $F$  é o mesmo que o da aplicação das duas forças mostradas na Figura 5.3-b.

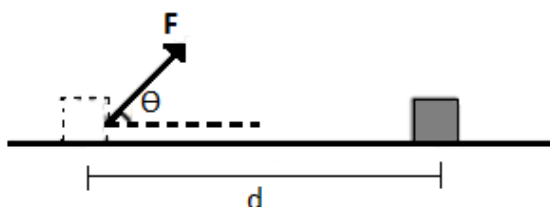


Figura 5.3-a: Força sendo aplicada sobre o bloco fazendo um ângulo teta com o deslocamento horizontal.

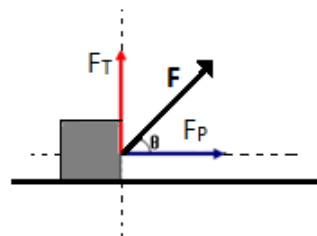


Figura 5.3-b: Componentes horizontal e vertical da força  $F$ .

Se a força transversal  $F_T$  não for suficiente para levantar o corpo, então ele não terá movimento vertical. Assim, a única força que vai realizar trabalho é a força na direção paralela  $F_P$ . Com a utilização das relações trigonométricas, podemos calcular o valor desta componente, como mostrado abaixo:

$$\cos(\theta) = \frac{F_P}{F} \text{ logo } F_P = F \cdot \cos(\theta)$$

Neste caso, o trabalho será calculado da seguinte forma:

#### CÁLCULO DE TRABALHO DE UMA FORÇA CONSTANTE E NÃO PARALELA AO DESLOCAMENTO

$$T = F_P \cdot d \quad \text{onde} \quad F_P = F \cdot \cos(\theta)$$

Podemos considerar sempre esta expressão para o cálculo do **trabalho**, mesmo quando a força é paralela ao deslocamento, ou seja, o ângulo entre a força e o deslocamento é  $\theta = 0^\circ$  e o  $\cos(0^\circ) = 1$ . Isto pode ajudar a entender porque quando a força é contrária ao deslocamento o trabalho é negativo, já que, o cosseno de um ângulo entre  $90^\circ$  e  $180^\circ$  é negativo, sendo  $\cos(180^\circ) = -1$ .



#### EXERCÍCIO RESOLVIDO

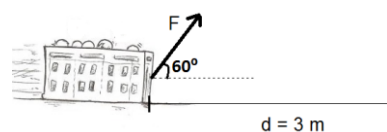
R 5.1 – Uma caixa de tomate é puxada ao longo de uma linha reta e horizontal por 3 metros, por uma força de intensidade 30N que forma um ângulo de  $60^\circ$  com a direção do deslocamento. Calcule o trabalho realizado por esta força.

Conforme vimos, o trabalho realizado por uma força pode ser calculado através da relação:

$$T = F_P \cdot d \quad \text{ou seja:} \quad T = F \cdot \cos(\theta) \cdot d$$

Assim, substituindo os valores fornecidos, teremos:

$$T = 30 \cdot \cos(60^\circ) \cdot 3 \quad T = 45J$$



## 5.2 - Trabalho de Força não Constante

O cálculo do trabalho de uma força variável envolve a utilização de ferramentas matemáticas que estão além dos objetivos desta apostila. Mas, se conhecermos o gráfico da força variável em função do deslocamento  $d$ , podemos efetuar o cálculo do trabalho a partir da **área** abaixo do gráfico. Como exemplo, a Figura 5.4a mostra o gráfico de uma força variável. O Trabalho realizado por esta força poderá ser calculado da seguinte forma:

$$T = A_1 + A_2$$

Por fim, quando existirem várias forças atuando em um corpo, o trabalho resultante é obtido através da soma dos trabalhos de cada força aplicada ao corpo:

$$T = T_{F1} + T_{F2} + T_{F3} + T_{F4} + \dots$$

Agora que já sabemos calcular a quantidade de trabalho em determinadas situações, outras questões passam a ganhar importância:



**Qual a quantidade de trabalho que pode ser realizada pela queda d'água no caso do quitungo? Qual a quantidade de trabalho que pode ser realizado pelo estilingue na pedra? Qual a quantidade de trabalho que pode ser realizada por uma moto em movimento?**

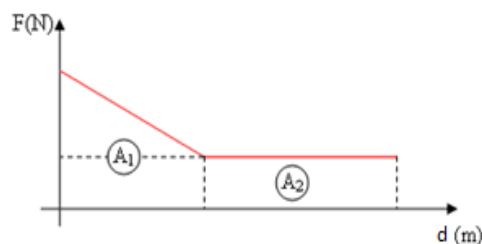


Figura 5.4: Gráfico  $F \times d$  para uma força não constante

## 5.3 - Cálculo da Energia Potencial

Saber calcular o trabalho necessário para realizar certas tarefas se constitui de uma importante habilidade, pois nos permite determinar a quantidade de energia necessária, desconsiderando possíveis perdas durante a utilização da energia. No entanto, de posse da informação sobre a quantidade de energia necessária para a realização de uma tarefa, como saberemos se o que temos disponível será o suficiente ou até mesmo o adequado para realizar aquela tarefa? Pensando no nosso dia-a-dia:



**Como poderíamos saber a quantidade máxima de energia disponível no quitungo?**

No caso do quitungo, o trabalho pode ser realizado pois a água, que é atraída pela Terra, foi direcionada para cair em cima da roda do quitungo. Assim, a força de atração da Terra sobre a água é aplicada na roda e provoca seu deslocamento e pode realizar trabalho. Portanto, a máxima energia desse sistema água+Terra está relacionada à quantidade máxima de trabalho que ele pode realizar.

Para fazer esse cálculo, vamos utilizar a quantidade de água disponível por segundo que foi medida no dia da visita que é de 1,36 litros/segundo. Para facilitar, vamos pensar em uma única quantidade caindo como um corpo sólido (figura 5.5) de massa 1,36 kg de uma altura equivalente ao diâmetro da roda, que é de 4 metros. Este “objeto” é atraído para baixo pela Terra como uma força cujo módulo é dado por  $P = m \cdot g$ . Assim, o trabalho realizado por esta força será de:

$$T = F \cdot d = m \cdot g \cdot h$$

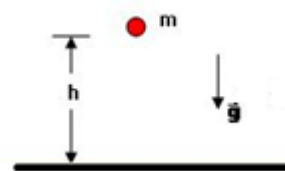


Figura 5.5. Objeto de massa  $m$  caindo sobefeito da gravidade  $g$ .

$$T = 1,36 \cdot 10 \cdot 4 = 55,6J$$

Está é a **energia potencial** de um objeto de 1,36kg, distante 4 metros do chão. Para calcular a quantidade máxima de **energia potencial** que pode ser aproveitada pela roda do quitungo, deve-se observar o volume de água em cada caixa e o tempo que a roda gasta para uma volta completa.

#### CÁLCULO DA ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL

A **Energia Potencial Gravitacional** de um corpo de massa  $m$  atraído pela Terra e que se encontra a uma altura  $h$  de um piso de referencia é medida por:

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$$



Baseado neste cálculo para a Energia Potencial Gravitacional, como seria possível aumentar a capacidade de realização de trabalho do quitungo?

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

No caso geral em que um objeto esteja em queda livre, ou seja, somente sujeito a gravidade, o trabalho realizado pela gravidade para levá-lo de um ponto A até um ponto B pode ser determinado pela diferença na Energia potencial gravitacional do objeto no ponto A e no ponto B. Ou seja:

$$T = E_{pA} - E_{pB}$$

$$T = -(E_{pB} - E_{pA})$$

Ou ainda

$$T = -\Delta E_p$$

#### RELAÇÃO ENTRE TRABALHO E ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL

A quantidade de **Trabalho** que a força peso realiza ao deslocar um corpo em de uma altura  $h_A$  para uma altura  $h_B$  está diretamente relacionada a variação de sua **Energia Potencial Gravitacional**.

$$T = m \cdot g \cdot h_A - m \cdot g \cdot h_B \quad \text{ou} \quad T = -\Delta E_p$$



### EXERCÍCIO RESOLVIDO

R 5.2(Adaptado de Beatriz Alvarenga - 2000) – Uma frutase encontra à 6,0 m do solo. Um menino que passa abaixo percebe que a fruta está para cair e se posiciona para pegá-la. A massa da fruta é  $m = 0,6$  kg. (considere  $g = 10,0$  m/s<sup>2</sup>)

- Qual é a  $E_p$  da fruta, no alto da árvore?
- Qual é a  $E_p$  da fruta ao ser recebida pelo menino, supondo que ele pegue-a quando ela estiver à 1,5 m do solo?
- Qual o trabalho realizado pelo peso da fruta no deslocamento do alto da árvore até a mão do menino que estava no solo?

### Resolução

- Calculemos a  $E_p$  gravitacional em relação ao solo.

Designando por A a posição da jaca no alto da jaqueira, temos  $h_A = 6,0$  m e, portanto,

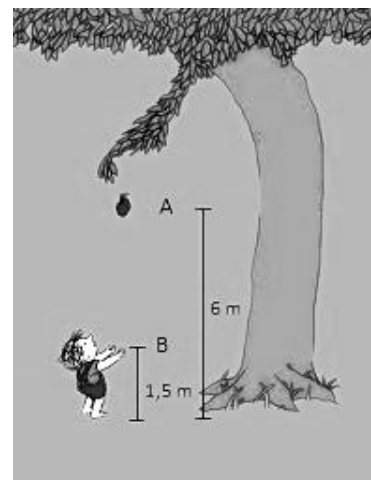
$$E_{pA} = m \cdot g \cdot h_A = 0,6 \cdot 10,0 \cdot 6,0 \quad E_{pA} = 36 \text{ J}$$

- Designando por B a posição da jaca na mão do menino que esse encontra no solo, teremos:

$$E_{pB} = m \cdot g \cdot h_B = 0,6 \cdot 10,0 \cdot 1,5 \quad E_{pB} = 9 \text{ J}$$

- Vimos que o trabalho realizado pelo peso do corpo é dado por  $T_{AB} = E_{pA} - E_{pB}$ . Logo:

$$T_{AB} = E_{pA} - E_{pB} = 36 - 9 \quad T = 27 \text{ J}$$



Continuando a discussão sobre as situações do nosso dia-a-dia, vamos agora analisar o Estilingue.



**Como poderíamos saber a quantidade máxima de energia ao esticar a corda elástica do Estilingue?**

Neste caso, o trabalho pode ser realizado pois a base Y é mantida fixa enquanto as cordas elásticas são esticadas, conforme mostra a figura 5.6 ao lado. Assim, a força elástica pode ser aplicada em uma pedra e provoca seu deslocamento e pode realizar trabalho. Portanto, a máxima energia desse sistema base Y + corda elástica está relacionada à quantidade máxima de trabalho que ele pode realizar.

Para fazer esse cálculo, vamos utilizar o que já é conhecido sobre a força exercida por uma mola. Ao ser esticada, a mola executa uma força que é dada por  $F = K \cdot x$ , onde K é a constante elástica da mola e x é o tanto que ela foi esticada. Com a corda elástica do estilingue ocorre o mesmo. Como essa força não é constante, devemos utilizar o gráfico da relação entre a força aplicada na mola e o deslocamento provocado, mostrado na Figura 5.7 ao lado. O Trabalho será igual a área embaixo do gráfico, que neste caso é a área de um triângulo. O resultado é:

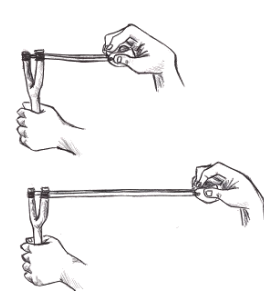


Figura 5.6. Estilingue sendo esticado.

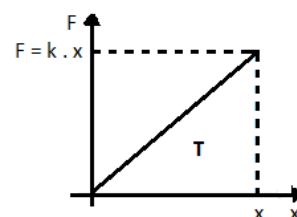


Figura 5.7. Gráficos de força elástica x deformação da mola.

$$T = \text{área abaixo gráfico} = \frac{1}{2} b \cdot h$$

$$T = \frac{1}{2} x \cdot Kx = \frac{1}{2} K \cdot x^2$$

Portanto, essa é a quantidade máxima de energia disponível para a realização de trabalho no estilingue.

#### CÁLCULO DA ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA DE MOLA

A **Energia Potencial Elástica** de um corpo elástico de constante K esticado um quantidade x é medida por:

$$E_{pe} = \frac{1}{2} K \cdot x^2$$



**Baseado neste cálculo para a Energia Potencial Elástica, como seria possível aumentar a capacidade de realização de trabalho do estilingue?**

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.



#### EXERCÍCIO RESOLVIDO

R 5.3 (Adaptado. Beatriz Alvarenga - 2000) –Suponha que, para esticar de  $x = 30 \text{ cm}$  o estilingue da figura 5.6, fosse necessário exercer sobre o elástico uma força de  $F = 15 \text{ N}$ .

- Qual é a constante elástica do material utilizado no estilingue?
- Qual a energia potencial elástica do estilingue ao ser esticado de  $x = 30 \text{ cm}$ ?

#### Resolução

- a) Como sabemos,  $F = k \cdot x$  e, então, calculando no S.I.:

$$k = \frac{F}{x} = \frac{15 \text{ N}}{0,30 \text{ m}} = k = 50 \text{ N/m}$$

- b) A energia potencial elástica é dada por  $E_p = \frac{1}{2} K \cdot x^2$ . Logo, teremos, calculando no S.I.:

$$E_p = \frac{1}{2} K \cdot x^2 = \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot (0,30)^2 \quad E_p = 2,25 \text{ J}$$

## 5.4 - Cálculo da Energia Cinética

Vamos agora nos ocupar em calcular a energia disponível em um corpo em movimento. Podemos analisar uma pessoa andando de moto, que é um veículo muito utilizada na zona rural. Sabemos que um corpo em movimento possui energia pois se ele se chocar com algum alvo ele executa um **força** e pode provocar **deslocamento** ou algum tipo de estrago. Portanto, ele pode realizar trabalho.

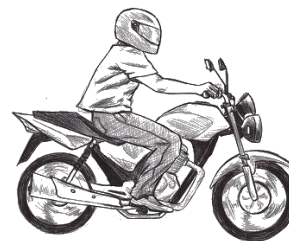


Figura 5.8. Moto em movimento.



**Mas como podemos determinar a quantidade máxima de trabalho que pode ser realizado, ou seja, quanta energia está associada a um corpo de massa  $m$  em movimento e com uma velocidade  $v$ ?**

Este cálculo não pode ser feito pensando-se inicialmente em uma situação idealizada de uma moto batendo em um muro com uma grossa camada de material que é capaz de absorver impacto ou em um carro. Para melhor visualizar a desaceleração de uma moto em um impacto com um carro, utilizaremos vídeos de simulações de batidas de moto em carro.



### USANDO A TECNOLOGIA COM O PROFESSOR...

Os três vídeos a seguir mostram, em câmara lenta, simulações de batidas de moto em carros. Algumas agências promovem esse tipo de teste para estudar o comportamento dos veículos durante uma colisão.

Nesses vídeos é possível observar as consequências de uma batida para o piloto e para o veículo.



Figura 5.9. Momento em que uma moto atinge um carro em um teste de colisão.

Vídeo 01: [http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=2TJzrVZjKmc](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=2TJzrVZjKmc)

Vídeo 02: [http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=9s3ZPjnGOvI#!](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=9s3ZPjnGOvI#!)

Vídeo 03: [http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=\\_\\_J6re56PMk](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=__J6re56PMk)



**O choque da moto com o carro “projeta” o piloto para frente. Por que isso ocorre?**

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.





**O choque da moto com o também produz um estrago tanto na moto quanto no carro. Por que isso ocorre?**

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

Por isso que, como vocês estão vendo no vídeo, ao pilotar uma moto é imperativo o uso do capacete e demais equipamentos de segurança e principalmente conduzi-la em velocidade condizente com a via e o local.

Vamos agora quantificar a relação entre a **Energia Cinética** de um corpo em movimento e o **Trabalho** que pode ele pode realizar. Vamos considerar o choque entre a moto e o carro e também vamos considerar que o impacto ocorre de tal forma que a força entre os dois objetos permaneça constante durante todo o tempo da colisão. Pelo que já sabemos sobre o cálculo do trabalho:

$$T = F \cdot d$$

Nestas circunstâncias do choque, a moto sofreria uma desaceleração constante uma vez que a força é constante. Assim, pela equação de Torriceli:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2 \cdot a \cdot d$$

Multiplicando pela massa da moto e dividindo tudo por 2, temos:

$$\frac{1}{2} m \cdot v_f^2 = \frac{1}{2} m v_i^2 + m \cdot a \cdot d$$

No lado direito, o termo **m.a**, pela segunda Lei de Newton é numericamente igual a resultante das forças que atua na moto, assim:

$$\frac{1}{2} m \cdot v_f^2 = \frac{1}{2} m v_i^2 + F_R \cdot d \text{ ou ainda } \frac{1}{2} m \cdot v_f^2 = \frac{1}{2} m v_i^2 + T_R$$

Como a velocidade final é nula e o trabalho é negativo pois é contrario ao deslocamento, teremos:

$$T_R = -\frac{1}{2} m v_i^2$$

Portanto, essa é a quantidade máxima de energia disponível para a realização de trabalho na moto em movimento.

#### CÁLCULO DA ENERGIA CINÉTICA

A **Energia Cinética** de um corpo de massa  $m$  a uma velocidade  $v$  é medida por:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$



**Baseado neste cálculo para a Energia Cinética, como seria possível aumentar a capacidade de realização de trabalho da moto em movimento?**

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.



### EXERCÍCIO RESOLVIDO

R 5.4(Adaptado de Beatriz Alvarenga - 2000) –A caixa de tomate da figura abaixo tem uma massa  $m = 4,0$  kg e velocidade  $v = 2,0$  m/s. Suponha que ela se movimenta sem atrito.



- Qual é a energia cinética que ela possui?
- Qual o trabalho que uma pessoa tem que realizar sobre a caixa para que ela possa parar?

### Resolução

a) Sabemos que a energia cinética de um corpo é dada por  $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ . Então, teremos para a caixa de tomate:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 4,0 \cdot (2,0)^2 \quad E_c = 8 \text{ J}$$

b) Embora não se conheça a força que a pessoa exerce sobre a caixa, nem a distância que ela percorre até parar, poderemos calcular o trabalho que ele realiza, pois este trabalho é igual à variação da energia cinética que a caixa sofreu durante a colisão. Todavia, como o trabalho é realizado contra o movimento da caixa, dizemos que ele é negativo. Então, o trabalho que a pessoa tem que realizar, para parar a caixa, é de  $-8,0$  J.

No caso em que ocorra somente uma diminuição da velocidade, então a capacidade de realizar trabalho será:

$$T_R = \frac{1}{2}m \cdot v_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

Ou ainda

$$T_R = \Delta E_c$$

Portanto, a relação entre a Energia Cinética e a respectiva quantidade de trabalho, ou o trabalho resultante, que ele pode realizar está diretamente relacionada à variação da velocidade que a(s) força(s) que está(ão) atuando pode(m) provocar.

**RELAÇÃO ENTRE TRABALHO E ENERGIA CINÉTICA**

A quantidade de **Trabalho** que um corpo em movimento pode realizar está diretamente relacionada a variação de sua **Energia Cinética**.

$$T_R = \frac{1}{2} m \cdot v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 \text{ ou } T_R = \Delta E_c$$

Observe ainda mais. A energia cinética aumenta mais rapidamente com a velocidade do que com a massa. Isso significa que se a velocidade da moto dobrar, a energia será quadruplicada, ou seja, o estrago causado tanto ao alvo, quanto ao motociclista, à 80 km/h não é o dobro do causado se ele estivesse à 40 km/h, é quatro vezes maior!

**EXERCÍCIO RESOLVIDO**

R 5.5(Adaptado de Beatriz Alvarenga - 2000) – Uma moto, de massa  $m = 120 \text{ kg}$ , passa por um ponto A de uma estrada da comunidade de Holanda em Santa Leopoldina, com velocidade  $v_A = 10 \text{ m/s}$ .

- Se a moto for acelerada e sua velocidade, ao passar por um outro ponto, B, da mesma estrada, for  $v_B = 15 \text{ m/s}$ , qual será o trabalho total realizado sobre a moto?
- Se a moto fosse freada ao invés de acelerada, ou seja, se a força resultante atuasse em sentido contrário ao movimento, realizando um trabalho negativo  $T_{AB} = - 4000 \text{ J}$ , qual seria a energia cinética da moto ao chegar em B?

**Resolução**

- a) Sabemos que o trabalho resultante é dado pela variação da energia cinética do corpo, isto é,

$$T_R = \frac{1}{2} m \cdot v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2$$

Como a energia cinética da moto no ponto A era:

$$E_{CA} = \frac{1}{2} m \cdot v_A^2 = \frac{1}{2} \cdot 120 \cdot 10^2 \quad E_{CA} = 6.000 \text{ J}$$

A energia cinética no ponto B será:

$$E_{CB} = \frac{1}{2} m \cdot v_B^2 = \frac{1}{2} \cdot 120 \cdot 15^2 \quad E_{CB} = 13.500 \text{ J}$$

Logo:

$$T_{AB} = E_{CB} - E_{CA} = 13.500 - 6.000 \quad T_{AB} = 7.500 \text{ J}$$

Observe que, ao ser acelerado, uma força resultante atuou sobre a moto, realizando trabalho positivo de 7500 J, trabalho este que provocou o aumento da energia cinética da moto. Assim, vemos que o trabalho realizado mede a energia que foi transferida a ela. Em nosso caso, a moto possuía energia cinética de 6.000 J e, ao receber 7.500 J de energia, através do trabalho da força resultante, passou a ter uma energia cinética de 13.500 J.

- b) Usando novamente a expressão  $T_{AB} = E_{CB} - E_{CA}$ , e sabendo que  $T_{AB} = - 4000 \text{ J}$  e  $E_{CA} = 6000 \text{ J}$ , teremos:

$$- 4000 = E_{CB} - 6000 \quad E_{CB} = 2000 \text{ J}$$

**SEGUNDA LISTA DE EXERCÍCIOS. CÁLCULO DO TRABALHO E DA ENERGIA**

Os exercícios abaixo são relacionados aos cálculos de Trabalho e de Energia Cinética e Potencial nos exemplos que estão sendo estudados ao longo desta unidade. Ao tentar resolver os exercícios faça uma nova leitura do texto que discute este assunto.

1 - Um agricultor, ao empurrar um carrinho de mão, exerce uma força de 28 N, na horizontal, deslocando-o numa distância de 2 m na mesma direção e sentido da força. Determine o valor do trabalho realizado pela força.

- a) 14 J                      b) 30 J                      c) 26 J                      d) 56 J                      e) 44 J

2 - Um boi arrasta um arado, puxando-o com uma força de 900 N. Sabendo que o trabalho realizado pelo boi foi de 18.000 J, calcule a distância percorrida pelo boi.

- a) 20 m    b) 18900 m                      c) 9000 m                      d) 0,5 m                      e) 17100 m

3 - Um vaso de 2,0kg está pendurado no teto a uma distância de 1,6m do chão. Embaixo deste vaso existe uma mesa cuja altura é de 0,4m. Considerando  $g = 10\text{m/s}^2$ , determine a energia potencial gravitacional do vaso em relação à mesa e ao chão.

- a) 1,6 J; 0,4 J                      b) 24 J; 40 J                      c) 2 J; 10 J                      d) 24 J; 32 J                      e) 40 J; 24 J

4 - (FUVEST – SP) No rótulo de uma lata de leite em pó lê-se “valor energético: 1.509 kJ por 100g (361kcal)”. Se toda energia armazenada em uma lata contendo 400g deste leite fosse utilizada para levantar um objeto de 10 kg, determine a altura máxima que este objeto poderia atingir ( $g = 10\text{m/s}^2$ ).

5 - Uma esfera de aço de massa igual a 0,1 kg é arremessada verticalmente para cima por um estilingue. O material elástico do estilingue possui uma constante de 25N/cm e foi deformado de 40 cm, com relação à sua posição de equilíbrio. Sendo o sistema livre de forças dissipativas, determine a altura máxima que a esfera alcançará. (obs.: considere a massa do elástico desprezível e  $g = 10\text{ m/s}^2$ ).

- a) 20000 m                      b) 1000 m                      c) 20 m                      d) 10 m                      e) 200 m

6 - (FUND. CARLOS CHAGAS) Uma mola elástica ideal, submetida a ação de uma força de intensidade  $F = 10\text{N}$ , está deformada de 2,0cm. A energia elástica armazenada na mola é de:

- a) 0,10J                      b) 0,20J                      c) 0,50J                      d) 1,0J                      e) 2,0J

7 - (Beatriz Alvarenga). Uma bala de revólver, cuja massa é de 20g, tem uma velocidade de 100 m/s. Esta bala atinge o tronco de uma árvore e nele penetra certa distância até parar.

- a) Qual era a  $E_c$  da bala antes de colidir com a árvore?

---

b) Então, qual o trabalho que a bala realizou ao penetrar no tronco da árvore?

8 - Calcule a energia cinética de um carro com massa 1.500 kg que viaja com velocidade de 20 m/s?

9 - Quando você tem um maior aumento de energia cinética: quando triplica a massa ou quando triplica a velocidade? Explique.

---

## 6 - PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

Ao final desta seção, o aluno deverá ser capaz de:

- ✓ Identificar processos de transformação de energia;
- ✓ Enunciar o princípio da conservação da Energia;
- ✓ Relacionar a diminuição ou acréscimo de energia de um sistema com um trabalho de uma força;
- ✓ Determinar a energia mecânica de um corpo ou sistema;
- ✓ Relacionar a variação da energia cinética ou potencial com o trabalho realizado por uma força;
- ✓ Diferenciar forças conservativas de não conservativas;
- ✓ Definir e calcular potência;

Já sabemos como calcular o trabalho para a realização de determinadas tarefas e também como calcular a quantidade de energia em situações onde existe a interação entre objetos, como são os casos da energia potencial gravitacional e elástica, ou em situações onde ela está disponível em função do movimento de um objeto, que é o caso da energia cinética.

### 6.1 - Estilingue

Vamos agora analisar com um pouco mais de cuidado um fato curioso, por exemplo, quando lançamos uma pedra com o estilingue, conforme ilustrado na Figura 6.1. Quando a corda elástica é esticada, o sistema corda+base Y possui uma energia potencial disponível para ser usada. Quando a corda é liberada, ela aplica uma força na pedra e esta é lançada e se desprende do estilingue. Se você apontar o estilingue para cima, ao se desprender a pedra está em alta velocidade, mas vai diminuindo à medida que ela vai subindo. Ao chegar ao ponto mais alto, a velocidade é zero e a pedra pode retornar ao ponto de partida.

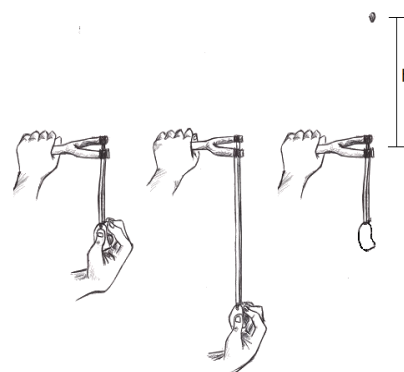


Figura 6.1: Estilingue lançando uma pedra para cima.



**Você saberia explicar o que está acontecendo com a energia cinética e potencial quando a pedra faz o movimento de subida e descida?**

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

## 6.2 –Quitungo

Este processo de mudança de energia também pode ser observado no caso do quitungo. Inicialmente a água no alto da bica possui energia potencial gravitacional, pois está distante do chão, e quando ela começa a cair rapidamente ela encontra os compartimentos da “roda d’água”. Ao se acumular no compartimento o peso da água vai aumentando e esta força provoca a rotação da roda. A medida que ela começa a rodar, a energia potencial da massa de água que está dentro do compartimento vai diminuindo e, conseqüentemente, aumentando a energia cinética. Note que, durante a queda, a força que provoca a rotação da roda é transmitida por eixos e polias e dessa forma pode realizaro **trabalho** de ralar a mandioca, mexer a farinha, pilar o café, entre outros.

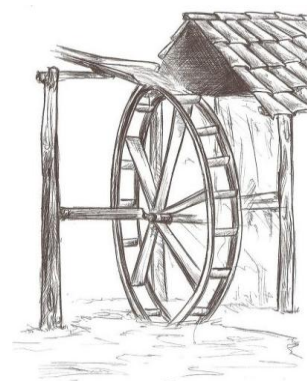


Figura 6.2. Água caindo na roda d’água fazendo-a girar.



**O que poderíamos fazer para aumentar a capacidade do quitungo de realizar trabalho?**

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

## 6.3 - Caixa de Tomate

Outro exemplo é quando uma pessoa exerce uma força em uma caixa de tomate tal como a mostrada na Figura 6.3 ao lado, provocandoseu deslocamento. Se a pessoa parar de empurrar, a caixa continua deslizando, mas vai diminuindo a velocidade até parar. Note que inicialmente foi realizado um trabalho e a caixa entrou em movimento, portanto ela tinha energia cinética. E depois ela parou!



Figura 6.3. Caixa de tomate em movimento.



**O que aconteceu com a energia cinética que ela tinha inicialmente?**

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

No exemplo do estilingue, a energia potencial elástica do sistema pedra+corda elástica se transformou imediatamente em energia cinética da pedra e, em seguida, foi se transformando gradativamente em energia potencial gravitacional do sistema Terra+pedra até atingir seu valor máximo no ponto mais alto alcançado pela pedra. Ao retornar a energia potencial foi se transformando novamente em cinética. Mas no exemplo da caixa de tomate arrastado sobre o chão, a energia cinética inicial aparentemente se perdeu! Uma análise mais cuidadosa pode revelar algo curioso.



**Após o arrastamento, uma medida da temperatura mostra que as superfícies de contato entre a caixa de tomate e o chão ficaram aquecidas. O que isso significa?**

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

Para entender melhor esta situação, vamos ver a animação com o auxílio de um *Applet*<sup>2</sup>.



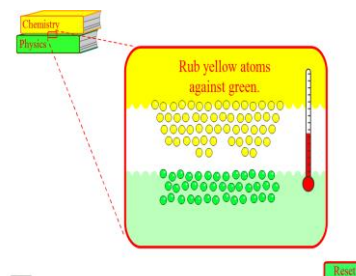
### USANDO A TECNOLOGIA COM O PROFESSOR...

A Figura 6.4ao lado mostra o esquema de um *appleta* ser utilizado nessa simulação, para representar a movimentação das partículas constituintes de dois corpos ao serem atritados um contra o outro. No caso da figura são dois livros, um de Física e outro de Química (em inglês *Physics* e *Chemistry*).

Para atritar um contra o outro, devemos realizar um trabalho (fazer uma força e provocar um deslocamento). Por isso, devemos ter uma energia disponível para realizar este trabalho.

Ao final, a energia que gastamos é transferida para a energia cinética das partículas das duas superfícies. Este aumento no nível de agitação pode ser detectado com auxílio de um termômetro, que pode detectar o aumento de temperatura. A energia desse movimento aleatório das partículas da caixa e do chão é também chamada de **Energia Térmica**.

Medidas precisas podem ser feitas em laboratórios e é possível mostrar que a energia disponível antes da realização de alguma atividade estará disponível também após essa atividade. Isso é válido para qualquer atividade! O que ocorre são trocas de um tipo de energia para outro.



**Figura 6.4:** Animação que ilustra o que acontece com as moléculas da superfície ao atritarmos os dois objetos.

<sup>2</sup> Um *Applet* é um miniaplicativo que pode ser executado em um navegador da internet e permite, por exemplo, a simulação de Fenômenos Físicos. Este *applet* permite a simulação da agitação das moléculas quando dois corpos são atritados um contra o outro e foi desenvolvido pelo grupo PHET, que é um projeto da Universidade do Colorado e pode ser acessado a partir do site [http://phet.colorado.edu/sims/friction/friction\\_en.html](http://phet.colorado.edu/sims/friction/friction_en.html).



### Como acessar?

Este *applet* pode ser acessado a partir do Link: [http://phet.colorado.edu/sims/friction/friction\\_en.html](http://phet.colorado.edu/sims/friction/friction_en.html)

Obs: Para executar o *applet* é necessário que você tenha em seu computador o programa “JAVA”.

## 6.4 - Moto

Nacaso da moto, já foi discutido que o motor é capaz de utilizar a energia química do combustível para efetuar uma força na roda e provocar o deslocamento da roda. Consequentemente a energia cinética da moto começa a aumentar. Portanto, observe que ocorre uma transformação de energia química do combustível em energia cinética da moto. Por outro lado, quando a moto está em alta velocidade e precisa parar, os freios são acionados provocando uma força de atrito nas rodas e fazendo-a parar.

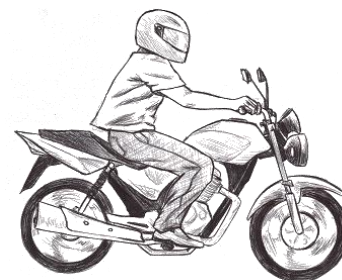


Figura 6.5. Moto em movimento.



**O que aconteceu com a energia cinética que a moto tinha?**

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.



### USANDO A TECNOLOGIA COM O PROFESSOR...

O vídeo acessado através do link abaixo, chamado de “Freios do veículo”, mostra como funcionam os freios de um veículo automotor. Nele podemos observar a necessidade do atrito entre as pastilhas de freios e o disco (ou lonas) para que a frenagem possa ocorrer.

Fazendo uma analogia com o que vimos durante a utilização do *Applet* sobre atrito, podemos concluir que a agitação das partículas do disco e da pastilha vai aumentar no momento em que os freios forem acionados. Portanto, a temperatura das pastilhas e do disco (ou lona) aumentará.

Este é outro exemplo em que podemos observar que a energia cinética do veículo não desaparece. Ela apenas é transferida para as moléculas das partes envolvidas no atrito e a quantidade de energia antes e depois continua a mesma.

### Como acessar?

O vídeo pode ser acessado na internet através do link: <http://www.youtube.com/watch?v=pn6ffzZczi0>

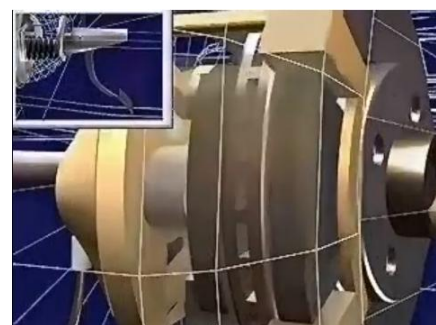


Figura 6.6: Pastilhas de freios sendo pressionadas contra o disco.

Em todos os exemplos discutidos acima, é possível perceber que a energia que se tem disponível em um determinada situação e momento pode se transformar em outros tipos de energia. Medidas em laboratório nos permitem verificar que, mesmo que haja transformação de um tipo em outro, o valor total antes e depois é sempre o mesmo. Esse fato sempre é observado quando ocorrem trocas de energia. Assim, é possível enunciar o seguinte princípio:

#### PRINCIPIO DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

Em um sistema qualquer, quando são consideradas todas as trocas possíveis de energia, é possível verificar que a energia não pode ser criada e nem destruída; pode apenas ser transformada de uma forma para outra, com sua quantidade total permanecendo constante.

Em nossa visita ao quitungo pudemos observar que o córrego de água flui por um terreno que apresenta um desnível, fazendo com que a água na parte mais alta tenha energia potencial gravitacional. Todavia, essa energia somente se torna útil para o nosso propósito de moer mandioca, misturar farinha, pilar café, entre outros, quando ela é direcionada por um cano até a roda d'água, fazendo-a girar. Com isso, podemos transformar a energia potencial gravitacional da água em energia cinética de rotação da roda e finalmente realizar o trabalho desejado. O que podemos concluir é que a disponibilidade de energia é essencial nas diversas atividades humanas, pois ela é que possibilita a realização dos diversos trabalhos necessários ao nosso dia a dia. A necessidade de energia também se aplica ao corpo humano na medida em que os alimentos disponibilizam **energia química** para que o corpo possa realizar os diversos **trabalhos** vitais como o funcionamento do coração, pulmão, rins, fígado, cérebro, entre outros. Entretanto, conforme já comentado anteriormente, nem toda a energia disponível no estado inicial é convertida nas formas de energia citadas. Também há conversão em calor, por exemplo. Como, com raras exceções, esse calor não é desejado, ou não é utilizado, dizemos que essa parcela é perdida. Ou seja, sempre que uma forma de energia esta sendo convertida em outra, uma parte é perdida no processo. Assim, se conectássemos um gerador a roda d'água, a carcaça do aparelho esquentaria, mostrando, por exemplo, que parte da energia está sendo convertida em calor. Ou seja, não é possível converter 100% da energia disponível em trabalho.



**Vocês seriam capazes de citar situações de transformação de energia onde uma parte acaba sendo perdida na forma de calor?**

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

A porcentagem de energia que uma máquina ou o ser humano é capaz de converter em trabalho depende de máquina para máquina. Um motor a gasolina, por exemplo, converte cerca de 38% da energia em trabalho efetivo, ou seja, os outros 62% são dissipados de outras formas, principalmente calor. Uma máquina a vapor cerca de 17% é convertido em trabalho.

E o ser humano? Nosso organismo em geral possui uma eficiência baixa, ou seja, usa muita energia mas converte pouco em trabalho efetivo. Andando de bicicleta, por exemplo, somente 20% da energia que gastamos é utilizada para movimentar a bicicleta. Nadando na superfície da água, apenas 2% da energia é gasta para produzir o movimento mecânico do corpo, sendo os outros 98% da energia consumidos no funcionamento dos processos internos do corpo humano (Uma discussão mais aprofundada deste assunto pode ser encontrada em OKUNO (1982). Isso nos indica que a natação é um excelente exercício para o consumo de energia, que em última instância acarretará no emagrecimento do corpo.



### EXERCÍCIO RESOLVIDO

R 6.1(Adaptado. Gref -1993)– Um jovem agricultor de Santa Leopoldina desenvolve muitas atividades no seu dia-a-dia e, em cada uma delas, gasta energia em quantidades diferentes. Supondo que no decorrer de um dia as suas atividades sejam:

Dormir	6 horas
Comer sentado	1 horas
Trabalhar	9 horas
Andar a pé	1 hora
Assistir aula	4 horas
Locomover-se de ônibus	30 minutos sentado e 30 minutos em pé

E que a taxa de utilização de energia, media em quilocaloria por hora, em cada atividade seja, em média:

Dormir	78 kcal/h
Ficar sentado	108 kcal/h
Trabalhar	600 kcal/h
Andar	228 kcal/h
Assistir aula	180 kcal/h
Ficar em pé	120 kcal/h

- Qual a energia que ele consome em cada atividade e qual a energia total consumida nesse dia?
- Aponte uma das razões que leva a atividade de andar, consumir mais energia do que ficar em pé.

**Resolução**

- a) Para determinar a energia consumida em cada atividade basta multiplicar sua respectiva taxa pelo número total de horas que a pessoa a pratica. Assim, a energia total consumida nesse dia é

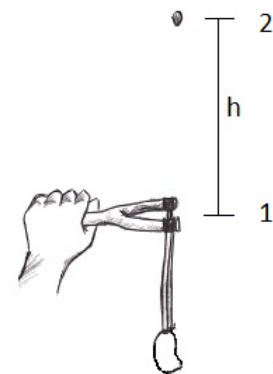
Dormir	468 kcal
Comer sentado	108 kcal
Trabalhar	5400 kcal
Andar a pé	228 kcal
Assistir aula	720 kcal
Locomover-se de ônibus	114 kcal
TOTAL DE ENERGIA UTILIZADA NO DIA	7038 kcal

- b) Andar significa, além de estar em pé, movimentar as partes do corpo. Uma quantidade maior de energia precisa ser gasta para realizar o trabalho do deslocamento do corpo.

## 6.5 - Conservação da Energia Mecânica

Nos exemplos da seção anterior, discutimos várias situações onde ocorrem trocas de energia. Como estamos interessados no estudo de fenômenos relacionados ao movimento, vamos agora nos ocupar de analisar com mais cuidado as situações em que a energia está relacionada ao movimento, portanto a energia mecânica.

No caso do estilingue (figura 6.7), inicialmente a energia é potencial elástica. Ao ser abandonada, a pedra adquire energia cinética. Ao subir, a energia cinética vai diminuindo e a potencial vai aumentando. Ao retornar ocorre o contrário. Note que, devido a essas trocas, em algum ponto no meio do caminho a pedra possui energia cinética e potencial. Como esses dois tipos de energia estão diretamente relacionados ao movimento, vamos dizer que em um momento qualquer, a soma dessas duas energias será chamada de Energia Mecânica do corpo. Portanto:



**Figura 6.7.** Pedra em movimentando desacelerado para cima. Em um dado ponto a soma da energia potencial e cinética da pedra é chamada de Energia Mecânica.

### DEFINIÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA

A Energia Mecânica de um corpo é a soma da Energia Cinética mais a Energia Potencial. Matematicamente:

$$E = E_c + E_p$$

Após a pedra sair do estilingue, a única força atuando sobre ela será a força peso. Então, entre dois pontos 1 e 2 ela está sujeita a uma desaceleração constante e portanto obedecerá a equação de Torricelli, ou seja:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2 \cdot a \cdot d$$

Multiplicando pela massa da pedra e dividindo tudo por 2, temos:

$$\frac{1}{2}m.v_2^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + m.a.d$$

No lado direito, o termo  $m.a$ , pela segunda Lei de Newton é a força que atua na pedra (neste caso, o peso  $P$  da pedra), assim:

$$\frac{1}{2}m.v_2^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + P.d$$

$$\frac{1}{2}m.v_2^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + T_p$$

$$\frac{1}{2}m.v_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = T_p$$

$$\boxed{T = \Delta E_c}$$

Embora este resultado tenha sido encontrado para um corpo em movimento sob a ação da força peso, ele será válido também quando o corpo estiver sujeito à ação de **outras forças**. Este resultado é conhecido como o **Teorema Trabalho-Energia Cinética** e diz que a variação da energia cinética de um corpo é igual ao trabalho total realizado sobre o corpo pelas forças que atuaram durante a variação da energia cinética.

Analisando do ponto de vista da energia potencial gravitacional, este mesmo trabalho para se mover entre os pontos 1 e 2 pode ser calculado diminuindo a energia potencial gravitacional do ponto 1 com a do ponto 2, ou seja:

$$T_p = mgh_1 - mgh_2$$

$$T_p = -(mgh_2 - mgh_1)$$

$$T_p = -\Delta E_g$$

Comparando os dois resultados, podemos escrever:

$$\Delta E_g = -\Delta E_c$$

Portanto

$$E_{g2} - E_{g1} = -(E_{c2} - E_{c1})$$

$$E_{g2} + E_{c2} = E_{g1} + E_{c1}$$

$$\boxed{E_2 = E_1}$$

Este resultado mostra que a Energia Mecânica no ponto 2 é igual a Energia Mecânica no ponto 1. Isso significa que a soma das duas energias não sofreu alteração entre os dois pontos. Portanto, dizemos que a Energia Mecânica se conservou entre os dois pontos. Apesar de ter sido utilizado o exemplo da força peso na análise acima, o mesmo resultado é válido para o caso da força elástica ser a que atua sobre o corpo.



### EXERCÍCIO RESOLVIDO

R 6.2 (Adaptado. Beatriz Alvarenga - 2000) – Suponha que, na figura 6.7, a pedra mostrada tenha, no ponto 2, uma energia potencial  $E_{p2} = 20 \text{ J}$  e uma energia cinética  $E_{c1} = 10 \text{ J}$ .

- Qual a energia mecânica total do corpo em 2?
- Ao passar por um ponto entre os pontos 1 e 2, a pedra possui uma energia potencial  $E_p = 13 \text{ J}$ . Qual é a sua energia cinética nesse ponto?
- No ponto 1, a pedra possui uma energia cinética  $E_{c1} = 25 \text{ J}$ . Qual é a sua  $E_p$  nesse ponto?

Resolução:

- A energia no ponto 2 pode ser calculada por:

$$E_2 = E_{p2} + E_{c2} = 20 + 10 \quad E_2 = 30 \text{ J}$$

- Como estão atuando apenas forças conservativas, a energia mecânica do corpo se conserva, isto é, devemos ter  $E = E_2$  ou  $E = 30 \text{ J}$ . Logo:

$$E = E_p + E_c \quad 30 = 13 + E_c \quad E_c = 17 \text{ J}$$

Observe que a  $E_p$  do corpo diminuiu de  $7 \text{ J}$ , enquanto sua  $E_c$  foi aumentada desta mesma quantidade.

- O mesmo raciocínio usado na questão (b) permite-nos escrever que  $E_1 = 30 \text{ J}$ . Logo, como

$$E_1 = E_p + E_c \quad 30 = E_{p1} + 25 \quad E_{p1} = 5 \text{ J}$$

Todavia, conforme já analisamos, no caso de uma caixa de tomate que se movimenta sobre uma superfície plana, sua energia cinética diminui devido à existência da força de atrito com a superfície. Como a superfície é plana, a energia potencial gravitacional da caixa não é modificada. Logo, concluímos que a medida que a caixa se movimenta, devido à diminuição de sua energia cinética  $E_c$ , sua energia mecânica  $E = E_c + E_p$  também diminui.

Entretanto, conforme já visto no teorema trabalho-energia cinética:

$$T_R = \Delta E_c \quad (T_R \text{ representa o trabalho resultante, ou seja, o trabalho realizado por todas as forças que atuam no corpo})$$

Como, quando a caixa percorre certa distância (de um ponto 1 até um ponto 2) sua energia cinética diminui, podemos escrever o seguinte:

$$E_2 = E_1 + \Delta E_c \quad E_2 - E_1 = \Delta E_c$$

Logo,

$$\Delta E_c = \Delta E \quad \text{que substituindo pela relação } T_{\text{forças}} = \Delta E_c \text{ temos:}$$

$$\boxed{T_{\text{forças}} = \Delta E}$$

Ou seja, nesse caso, a variação na energia mecânica do corpo é dada pelo trabalho total realizado sobre ele. Isso nos leva a concluir que dependendo das forças que atuam sobre o corpo, sua energia mecânica não se conservará. As forças que atuam sobre um corpo podem ser separadas em duas categorias que serão descritas a seguir.

## 6.6 - Forças conservativas e forças não conservativas

Como o próprio nome sugere, uma **força conservativa** não provoca perdas de energia mecânica. Em outras palavras, quando um movimento ocorre sob a ação de uma força conservativa a energia mecânica não se altera, apenas se transforma de energia cinética em potencial ou vice versa.



**Vocês saberia dizer uma situação em que isso ocorre?**

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---

Quando uma pedra é jogada para cima, o trabalho da força peso durante a subida pode ser calculado por:

$$T_{P \text{ subida}} = F \cdot d \cos(\theta) = P \cdot h \cdot \cos(180)$$

$$T_{P \text{ subida}} = m \cdot g \cdot h \cdot (-1)$$

$$T_{P \text{ subida}} = -m \cdot g \cdot h$$

Quando esta mesma pedra desce, o trabalho da força peso pode ser calculado por:

$$T_{P \text{ descida}} = F \cdot d \cos(\theta) = P \cdot h \cdot \cos(0)$$

$$T_{P \text{ descida}} = m \cdot g \cdot h \cdot (+1)$$

$$T_{P \text{ descida}} = m \cdot g \cdot h$$

Portanto, o trabalho total (subida+descida) será

$$T_{\text{TOTAL}} = T_{P \text{ subida}} + T_{P \text{ descida}}$$

$$T_{\text{TOTAL}} = -mgh + mgh$$

$$T_{\text{TOTAL}} = 0$$

Ou seja, toda a energia que foi gasta para realizar o trabalho de subida da pedra, pode ser recuperada na descida. Note que o caminho de ida e volta de pedra é um caminho fechado, pois a pedra sai e retorna ao mesmo ponto. Assim, a energia mecânica total disponível permanece inalterada. Por este motivo, a **força peso** é uma força conservativa. A mesma análise pode ser feita com a **força elástica** e, portanto, ela também é uma força conservativa.

Vamos agora analisar um objeto jogado sobre uma superfície horizontal como, por exemplo, o apagador do professor que vai deslizando até parar. A força horizontal atuando neste caso é a força de atrito. A principal diferença deste movimento para o caso da pedra é que o apagador não volta por conta própria

para a mão do professor como ocorreu com a pedra. Assim, a energia gasta inicialmente para realizar este trabalho de movimentar o apagador, provocou o aumento do nível de agitação das moléculas. A energia mecânica inicial disponível foi convertida em energia térmica. Assim, uma força não conservativa tal como a **força de atrito** não conserva a energia mecânica. Mas, observe que a energia total do sistema não foi perdida. Esta sempre se conserva!

## 6.7 - Potência

Imaginemos duas pessoas carregando uma caixa de tomate em um carrinho de mão e percorrendo a mesma distância. Logo, podemos perceber que, como vão carregar a mesma carga e na mesma distância, realizarão o mesmo trabalho. Ainda, um deles segue caminhando normalmente enquanto o outro percorre o trajeto correndo. Portanto, o tempo gasto por cada um será diferente. A primeira questão é a seguinte:



**O trabalho realizado por cada um deles é igual ou diferente?**

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---

Todavia, vemos que a pessoa que seguiu caminhando demonstra menor cansaço do que o outro que foi correndo.



**Como você explica isso?**

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---

A diferença no cansaço existe pois um deles gastou a energia mais rapidamente que o outro. Como podemos mensurar a diferença entre essas duas situações que provocam cansaços diferentes? Isto pode ser mensurado levando-se em consideração o tempo gasto para a realização de um trabalho. A grandeza física utilizada para esta situação é a **Potência**:

### DEFINIÇÃO DE POTÊNCIA

A potência de um corpo ou máquina indica o quão rápido a energia é consumida/fornecida. É definida da seguinte forma:

$$P = \frac{T}{\Delta t}$$

Onde  $\Delta t$  é o tempo gasto para realizar o trabalho  $T$ .



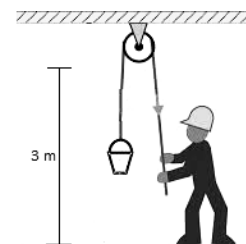
Logo, no exemplo citado, como o trabalho realizado é o mesmo, o trabalhador que foi correndo desenvolveu uma potência maior que o segundo que foi caminhando. No Sistema Internacional de Unidades (SI) a potência é medida em J/s, que é chamada de Watt (W), em homenagem ao matemático e engenheiro escocês James Watt (1736 - 1819).



### EXERCÍCIO RESOLVIDO

8.1(Adaptado de Beatriz Alvarenga - 2000) – Um ajudante de pedreiro, em uma construção, eleva, com velocidade constante, uma lata de concreto de massa  $m = 20 \text{ kg}$  até uma altura  $d = 3,0 \text{ m}$ , gastando um tempo  $\Delta t = 10 \text{ s}$  para realizar esta operação. Para realizar essa tarefa ele utiliza uma roldana. Dessa forma, ele realiza uma força vertical para baixo, enquanto a lata sobe na vertical.

- Qual o valor da força  $F$  que o ajudante deve exercer para que o corpo suba com velocidade constante? (Considerar  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )
- Qual o trabalho que o ajudante realiza nesta operação?
- Qual a potência desenvolvida pelo ajudante?



### Resolução

- Se o movimento de subida da lata se faz com velocidade constante, a resultante das forças que atuam nele deve ser nula. Então, a força  $F$ , exercida pelo ajudante, deve ser igual e contrária ao peso da lata. Portanto, devemos ter, no S.I.:

$$F = m \cdot g = 20 \cdot 10$$

$$F = 200 \text{ N}$$

- Já sabemos que  $T = F \cdot d \cdot \cos\theta$ . Neste caso,  $F$  será a força exercida pelo ajudante, que se transmite através da corda até o corpo, nele atuando na direção vertical para cima. Assim, temos  $F = 200 \text{ N}$  e  $\theta = 0^\circ$ . Como  $d = 3,0 \text{ m}$  virá, no S.I.:

$$T = F \cdot d \cdot \cos\theta = 200 \cdot 3,0 \cdot \cos 0^\circ$$

$$T = 600 \text{ J}$$

- Como vimos, a potência,  $P$ , é definida pela relação  $P = \frac{T}{\Delta t}$ . Em nosso caso,  $T$  representa o trabalho realizado pelo operário ( $T = 600 \text{ J}$ ) no intervalo de tempo  $\Delta t = 10 \text{ s}$ . Logo:

$$P = \frac{T}{\Delta t} = \frac{600}{10}$$

$$P = 60 \text{ J/s} \quad \text{ou} \quad P = 60 \text{ W}$$

## 6.8 - Ampliando a Discussão sobre Potência

Quando visitamos o quitungo, pudemos observar que a energia mecânica da água represada era utilizada para diversas tarefas, como moer mandioca, pilar café, entre outros. A realização dessas atividades está relacionada à realização de trabalho em um determinado tempo, caracterizando a potência do quitungo. Essa potência pode ser utilizada para diferentes fins. No caso do quitungo, era utilizada para as tarefas relacionadas. Se fosse conectada a um gerador, por exemplo, poderíamos converter a energia potencial gravitacional em energia elétrica e, portanto, alimentar aparelhos elétricos de nossa casa ou ambiente de trabalho.

Entretanto, isso depende da potência que a roda fornece. Na sequência, vamos buscar uma maneira de determinar esse valor. Para determinarmos o valor da potência produzida na roda d'água utilizaremos as informações obtidas na visita ao quitungo. Dados obtidos no dia da visita ao quitungo:

- a) Diâmetro da roda: 4 metros
- b) Período da roda: 7,02 s
- c) Tempo para encher um balde de 16l: 11,76s
- d) Volume de uma caixa: 3l
- e) Frequência: 0,14 Hz

Para calcular a potência fornecida pelo movimento da roda precisamos encontrar o torque e a velocidade angular da mesma.



### USANDO O EXPERIMENTO COM O PROFESSOR...

#### Cálculos relacionados ao Quitungo

Sabendo que a velocidade angular da roda pode ser obtido através da expressão:  $w = 2\pi f$ , vamos calcular a **velocidade angular**:

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---

Para determinar o torque aplicado na roda, necessitaremos encontrar a vazão de água e o peso da água que cai da bica em uma volta da roda. Assim, tendo em mãos os dados obtidos no dia da visita, calcule a **vazão de água**:

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---

Como somente metade da roda fica preenchida em uma volta, determine o **peso da água** que atua em uma volta da roda:

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---

Sabendo que o **Torque** aplicado na roda é dado pela expressão:

$$\text{Torque} = \text{raio} \cdot \text{peso}$$

Determine seu valor para a roda do quitungo.

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---

Finalmente podemos calcular a potência fornecida pelo movimento da roda d'água, sabendo que a **potência** pode ser obtida através da expressão:

$$P = \text{Torque} \times \text{velocidade angular},$$

Determine então o valor da potência fornecida pela roda d'água.

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---

Tendo encontrado a potência disponível no quitungo, vale perguntar:



**Imagine que um gerador elétrico fosse ligado ao eixo da “roda d'água” e que toda a energia potencial da água possa ser transformada pelo gerador em energia elétrica. Quais aparelhos poderiam funcionar se fossem conectados a este gerador?**

Escreva sua resposta aqui.	Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.
----------------------------	---

É importante realçar que essa potência se deve ao fato de a quantidade de água na represa não ser a mesma utilizada quando o Quitungo está funcionando normalmente. Conforme podemos observar durante a visita, seria necessária uma manutenção para aumentar a potência da roda d'água.

Todavia, esse valor nos leva a imaginar a quantidade de água e da energia associada necessária para se gerar a potência que é produzida em usinas hidrelétricas como a de Itaipu, que é atualmente a maior usina hidrelétrica do mundo, para abastecer grandes cidades no Brasil e no Paraguai. Para se ter uma ideia, a usina de Itaipu produz 14 mil MW de potência. Ou seja, 14.000.000.000 W, ou 14 bilhões de watts. Para entendermos a grandiosidade dessa usina, podemos compará-la com o Quitungo e com a Usina de Rio Bonito, em Santa Maria de Jetibá. Esta produz 22,5 MW de potência, ou seja, a de Itaipú produz cerca de 622 vezes mais potência do que a de Rio Bonito. Isso significa que seriam necessárias 622 usinas como a de Rio Bonito para se comparar a produção de energia da usina de Itaipú.



**Quantos quitungos como o que visitamos seriam necessários para produzir a mesma quantidade de energia que a usina de Itaipu produz?**

Escreva sua resposta aqui.

Caso necessário, escreva a correção da sua resposta aqui.

**TERCEIRA LISTA DE EXERCÍCIOS. CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA**

Os exercícios abaixo são relacionados ao Princípio da Conservação da Energia Mecânica e discutidos acima. Ao tentar resolver os exercícios faça uma nova leitura do texto que discute os conceitos e cálculos envolvidos.

- 1 - (Beatriz Alvarenga). Um carregador eleva, em 3,0 s, com velocidade constante, uma saca de café de 60 quilos, do chão para uma prateleira a 2,0 m de altura. (considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )
  - a) Determine, em Newtons, a força que o carregador exerce na saca ao realizar esta operação.
  - b) Calcule o trabalho realizado pelo carregador.
  - c) Determine a potência desenvolvida pelo carregador.
  - d) A potência deste carregador é maior, menor, ou igual à potência de um liquidificador comum de 300W?
- 2 - Um corpo é lançado verticalmente para cima num local onde  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Devido ao atrito com o ar, o corpo dissipa, durante a subida, 25% de sua energia cinética inicial na forma de calor. Nestas condições, pode-se afirmar que, se a altura máxima por ele atingida é 15cm, então a velocidade de lançamento, em m/s, foi:
  - a) 1,0
  - b) 2,0
  - c) 3,0
  - d) 4,0
  - e) 5,0
- 3 - A soma das energias cinéticas e potencial de um sistema de objetos conserva-se:
  - a) Apenas quando os objetos se movem em trajetórias fechadas.
  - b) Apenas quando trabalho realizado pela força externa é zero.
  - c) Apenas quando nenhuma força externa atua sobre os objetos.
  - d) Apenas quando as forças que estão atuando são conservativas ou não realizam trabalho.
  - e) Nenhuma das alternativas anteriores.
- 4 - Calcule o trabalho realizado pela força que age sobre um corpo de massa 40 kg, cuja velocidade variou de 30 m/s a 50 m/s.
- 5 - Um corpo de massa 5 kg está sob a ação de uma força de 30 N que atua no sentido do movimento. Sabendo que em determinado instante a velocidade do corpo é de 10 m/s, sua velocidade em m/s, após percorrer 15 m, será, aproximadamente:
  - a) 16
  - b) 16,7
  - c) 17,8
  - d) 20
  - e) 15
- 6 - Uma manga é abandonada de certa altura chegando ao solo com uma velocidade de 10 m/s. Calcule essa altura, considerando  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e desprezando a resistência do ar.
  - a) 100 m
  - b) 1 m
  - c) 10 m
  - d) 2 m
  - e) 5 m
- 7 - Um corpo de massa 5 kg é lançado verticalmente para cima com velocidade igual a 10 m/s. Determine a energia potencial gravitacional, em relação ao solo, ao atingir a altura máxima.

8 - (FUVEST - adaptado) Um pai de 70kg e seu filho de 50kg pedalam lado a lado, em bicicletas idênticas, mantendo sempre velocidade uniforme. Se ambos sobem uma rampa e atingem um patamar plano, podemos afirmar que, na subida da rampa até atingir o patamar, o filho, em relação ao pai:

- a) realizou mais trabalho;
- b) realizou a mesma quantidade de trabalho;
- c) possuía mais energia cinética;
- d) possuía a mesma quantidade de energia cinética;
- e) desenvolveu uma potência menor.

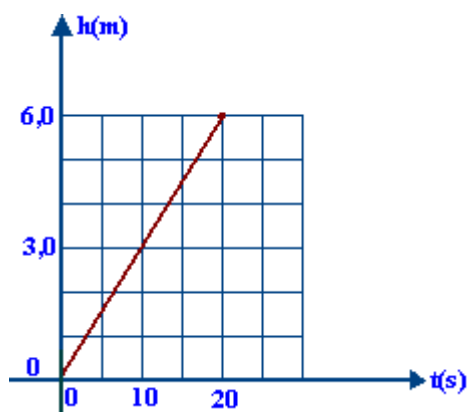
9 - Um elevador de peso 4000 N sobe com velocidade constante, percorrendo 30 m em 6 s. Calcule a potência da força que movimenta o elevador.

- a) 20000 W      b) 120000 W      c) 4180 W      d) 720000 W      e) 10000 W

10 - Uma força constante age sobre um objeto de 5,0kg e eleva a sua velocidade de 3,0m/s para 7,0m/s em um intervalo de tempo de 4,0s. Qual a potência do mecanismo que realizou esta força?

11 - (FUVEST) Uma empilhadeira elétrica transporta do chão até uma prateleira, a uma altura de 6,0m do chão, um pacote de 120kg. O gráfico ilustra a altura do pacote em função do tempo. A potência aplicada ao corpo pela empilhadeira é:

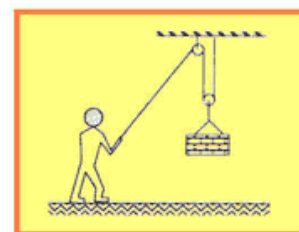
Dado:  $g = 10\text{m/s}^2$



- a) 120W      b) 360W      c) 720W      d) 1,20kW      e) 2,40kW

12 - Considere o mecanismo indicado na figura onde as roldanas e os fios são ideais. Despreze o efeito do ar.

Um operário aplicou ao fio uma força constante, de intensidade  $1,6 \cdot 10^2\text{N}$  para levantar uma carga a uma altura de 5,0m, sem acréscimo de energia cinética, em um intervalo de tempo de 20s. A potência útil desenvolvida pelo operário, nesta tarefa, foi de:



- a) 40W      b) 80W      c) 160W      d) 320W      e) 1,6kW

## 7—RESPOSTAS DOS EXERCÍCIOS PROPOSTOS

### Conceitos de Trabalho e Energia

- 1) Quando uma força aplicada em algum ponto for a responsável pelo deslocamento do mesmo, dizemos que esta força realizou um Trabalho. Energia é a capacidade de realizar Trabalho.
- 2) a,b,c,e
- 3) c
- 4) Não. Pois para que haja a realização de trabalho a força aplicada deve produzir um deslocamento. Nesse caso, como a pessoa permanece sentada, não há deslocamento.
- 5) Ao se capinar, o agricultor segura a enxada com as mãos e realiza um trabalho sobre ela levantando-a, ao mesmo tempo em que a movimenta para frente. Nesse momento, a energia química obtida através da quebra dos alimentos ingeridos pelo agricultor converte-se em energia potencial gravitacional e energia cinética enquanto ela se movimenta. A energia cinética se converte em potencial em durante o processo de subida. No momento em que o agricultor puxa a enxada contra o chão, a energia potencial gravitacional se converte em energia cinética. Devido a força que o agricultor aplica na enxada também na descida, a energia química do agricultor também se converte em energia cinética.

### Cálculos de Trabalho e de Energia Cinética e Potencial

- 1) d
- 2) a
- 3) d
- 4) 60.360 m
- 5) e
- 6) a
- 7) a) 100 J  
b) 100 J
- 8) 300.000 J
- 9) Quando triplica a velocidade, pois a energia cinética aumenta com o quadrado da velocidade. Logo, ao se triplicar a velocidade a energia cinética irá aumentar nove vezes.

### Conservação Da Energia Mecânica

- 1) a) 600 N  
b) 1200 J  
c) 400 W  
d) Maior.

- 
- 2) D
  - 3) D
  - 4) 32000 J
  - 5) B
  - 6) E
  - 7) 250 J
  - 8) E
  - 9) A
  - 10) 25 W
  - 11) B
  - 12) A



---

## 8—REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J.D., & HANESIAN, H. (1980). **Psicologia educacional**(2a ed., E. NICK, H. B. C. RODRIGUES, L. PEOTTA, M.A. FONTES, & M. G. R. MARON, Trad.). Rio de Janeiro: Interamericana. (Obra original publicada em 1978).

AUSUBEL, D. P. (2002). **Adquisición y retención del conocimiento**: Uma perspectiva cognitiva (G. S. Barberán, Trad.). Barcelona: Paidós. (Obra original publicada em 2000)

ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. **Física**, volume 1. São Paulo. Ed. Scipione, 2008.

OKUNO, E.; CALDAS, I; CHOW, C. **Física para Ciências Biológicas e Biomédicas**. São Paulo. Ed. Harper & Row do Brasil, 1982.

MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1(n. 2), p. 43-63. 2011.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

NOVAK, J. D., & GOWIN, D. B. (1999). **Aprender a aprender** (2a. ed., C. Valadares, Trad.). Lisboa: Plátamo Editora. (Obra original publicada em 1984)

NOVAK, J. D. (2000). **Aprender a criar e utilizar o conhecimento**: Mapas conceptuais como ferramenta de facilitação nas escolas e empresas (A. Rabaça & J. Valadares, Trad.). Lisboa: Paralelo Editora. (Obra original publicada em 1998).

## ANEXO A

### AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO DA PRIMEIRA PARTE DO MATERIAL INSTRUCIONAL

**PRIMEIRA ATIVIDADE AVALIATIVA - CONCEITOS DE TRABALHO E ENERGIA**

EEEFM Guilhermina H. K. Reinholz

Professor: Claytor Vieira

Valor: 5,0 pontos

Aluno:.....

Data: ...../...../2013

Série: ..... Turma: ..... Turno: Noturno

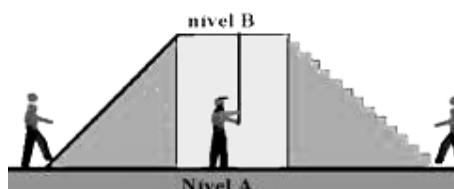
NOTA: .....

- 1 - No desenvolvimento de nossas aulas pudemos analisar os conceitos de energia e trabalho. Vimos diversas situações em que eles se aplicam e chegamos à uma definição dos mesmos. Portanto, escreva, com suas palavras, o que entendeu sobre os conceitos de energia e trabalho mostrando onde eles aparecem e como podem ser utilizados em nosso dia a dia.

- 2 - Em sala de aula aprofundamos o estudo de energia analisando, dentre outras coisas, o movimento de motos, princípio de funcionamento do quitungo, movimento de uma caixa, funcionamento de um estilingue, etc. Em qual dessas situações está presente a energia potencial? Explique cada situação.

- 3 - **(UFV-MG)** Uma pessoa pode subir do nível A para o nível B por três caminhos: uma rampa, uma corda e uma escada, conforme mostrado na figura abaixo. Ao mudar de nível, a variação da energia potencial da pessoa é:

- a) a mesma, pelos três caminhos.
- b) menor, pela rampa.
- c) maior, pela escada.
- d) maior pela corda.
- e) maior pela rampa



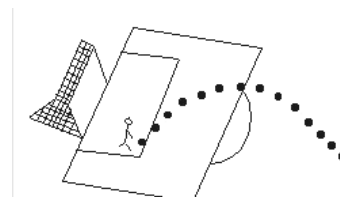
4 - (UEPB) O princípio da conservação da energia constitui uma das grandes generalizações científicas elaboradas no século XIX. A partir dele, todas as atividades humanas passaram a ter um “denominador comum” – a energia. Com base na compreensão desse princípio, relacione os objetos ou fenômenos numerados de 1 a 5, com as transformações de energia correspondentes, abaixo deles.

- 1) No movimento de uma pessoa que escorrega num tobogã.
- 2) Um secador de cabelos possui um ventilador que gira e um resistor que se aquece quando o aparelho é ligado à rede elétrica.
- 3) Um automóvel em que a bateria constitui a fonte de energia para ligar o motor de arranque, acender os faróis e tocar a buzina, etc.
- 4) Na usina hidroelétrica, onde a queda-d’água armazenada em uma represa passa pela tubulação fazendo girar uma turbina e seu movimento de rotação é transmitido a um gerador de eletricidade.
- 5) Na usina térmica, onde a queima do carvão ou petróleo (óleo combustível) provoca a vaporização da água contida em uma caldeira. Esse vapor, em alta pressão, faz girar uma turbina e essa rotação é transmitida ao gerador de eletricidade.

- ( ) A energia elétrica transforma-se em energia de movimento (cinética) e térmica.
- ( ) A energia potencial transforma-se em energia cinética e térmica.
- ( ) A energia potencial de interação gravitacional transforma-se em energia cinética, que se transforma em elétrica.
- ( ) A energia potencial química transforma-se em energia de movimento (ou cinética) em luminosa e em sonora.
- ( ) A energia potencial química transforma-se em energia térmica, que se transforma em cinética e, por sua vez, transforma-se em elétrica.

5 - (UFRRJ) Um goleiro chuta uma bola que descreve um arco de parábola, como mostra a figura a lado. No ponto em que a bola atinge a altura máxima, pode-se afirmar que

- a) a energia potencial é máxima.
- b) a energia mecânica é nula.
- c) a energia cinética é nula.
- d) a energia cinética é máxima.
- e) nada se pode afirmar sobre as energias, pois não conhecemos a massa da bola.



6 - (UFSCAR) Nas provas de longa e média distância do atletismo, os corredores mantêm sua velocidade constante durante a maior parte do tempo. A partir dessa constatação, um estudante de física afirma que, durante esse tempo, os atletas não gastam energia porque a energia cinética deles não varia. Essa afirmação é

- a) verdadeira, pois os corredores se mantêm em movimento sem esforço, por inércia.
- b) verdadeira do ponto de vista da física, mas falsa do ponto de vista da biologia.
- c) falsa, porque a energia cinética do atleta não tem relação com o esforço muscular que ele desenvolve.
- d) falsa, pois a energia cinética só se mantém constante graças ao trabalho da força muscular do atleta.
- e) verdadeira, porque o trabalho da resultante das forças que atuam sobre o atleta é nulo.

## ANEXO B

### AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO DA SEGUNDA PARTE DO MATERIAL INSTRUCIONAL

**SEGUNDA ATIVIDADE AVALIATIVA - CÁLCULOS DE TRABALHO E ENERGIA**

EEEFM Guilhermina H. K. Reinholz

Professor: Claytor Vieira

Valor: 5,0 pontos

Aluno:.....

Data: ...../...../2013

Série: ..... Turma: ..... Turno: Noturno

NOTA: .....

1 - Uma moto é deslocada num plano horizontal sob a ação de uma força horizontal resultante de 200N. Sendo 4.000 J o trabalho realizado por essa força, calcule a distância percorrida.

- a) 0,05 m
- b) 4200 m
- c) 20 m
- d) 3800 m
- e) 200 m

2 - Um corpo com massa de 2 kg está a uma altura de 160 m do solo. Calcule a energia potencial gravitacional desse corpo em relação ao solo, considerando  $g=10 \text{ m/s}^2$ .

- a) 3200 J
- b) 320 J
- c) 172 J

- d) 800 J
- e) 140 J

3 - Determine a energia cinética de um veículo de 700 kg de massa, quando sua velocidade é de 20m/s.

4 - A energia cinética de um corpo é 1.800 J e sua massa é 4 kg. Determine sua velocidade.

- a) 900 m/s
- b) 30 m/s
- c) 60 m/s
- d) 600 m/s
- e) 20 m/s

5 - Um carrinho de massa 2 kg tem energia potencial gravitacional de 1.000 J em relação ao solo, no ponto mais alto de sua trajetória. Considerando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , calcule a altura desse ponto.

- a) 20000 m
- b) 5000 m
- c) 200 m
- d) 10 m
- e) 50 m

6 - No quitungo visitado, uma porção de água de 10 kg caiu do alto da represa até o solo, fazendo uma roda d'água girar. Sabemos que a altura do local de onde a água caiu até o chão é de 4 m. Nesta situação, de quanto varia a energia potencial gravitacional da água? Considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

- a) 400 J
  - b) 40 J
  - c) 24 J
  - d) 4 J
  - e) 80 J
-

## ANEXO C

### AVALIAÇÃO FINAL DO CONTEÚDO DO MATERIAL INSTRUCIONAL





### **AVALIAÇÃO SOMATIVA INDIVIDUAL – ENERGIA MECÂNICA E CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA.**

EEEFM Guilhermina H. K. Reinholz

Professor: Claytor Vieira

Valor: 10,0 pontos

Aluno:.....

Data: ...../...../2013

Série: ..... Turma: ..... Turno: Noturno

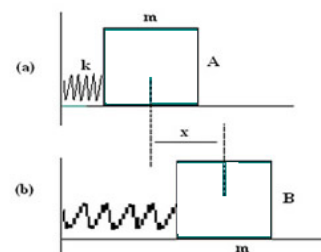
NOTA:

1. Dentre as opções abaixo, assinale a(s) que indicam a realização de trabalho:  
☐ ( ) Você, em um dia de domingo, deitado na grama, descansando.  
☐ ( ) Uma pessoa empurrando uma parede que não se movimenta.  
☐ ( ) Uma pessoa quebrando uma parede com uma marreta.  
☐ ( ) O liquidificador cortando algum alimento.  
☐ ( ) Uma carroça sendo puxada por um cavalo.
2. Dentre as opções abaixo, indique a que melhor exprime o conceito científico de energia.  
a) Energia é a conta de luz que pagamos todo mês.  
b) Energia é o combustível que uma pessoa/objeto precisa pra se movimentar ou movimentar algo.  
c) Energia é o trabalho que realizamos.  
d) Energia é o combustível que uma coisa precisa pra ficar parado.  
e) Energia é uma força invisível que existe no mundo.
3. Analise as afirmações abaixo e classifique-as em V (verdadeira) ou F (Falso):  
☐ ( ) A energia está relacionada com a capacidade de produzir movimento  
☐ ( ) A única forma de energia que pode ser utilizada é a elétrica.  
☐ ( ) A energia pode ser transformada ou transferida, mas nunca criada ou destruída.  
☐ ( ) Um objeto parado não possui energia.  
☐ ( ) Quando um corpo se move sobre uma superfície ele para porque a energia que ele possuía foi destruída com o atrito.
4. Uma jaca de massa 2 kg cai da jaqueira e tem, em determinado instante, velocidade de 5 m/s. Determine sua energia cinética nesse instante.

--

5. Quanto varia a energia potencial gravitacional de uma pessoa de massa 80 kg ao subir do solo até uma altura de 30 m? Adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$

6. Um corpo é preso à extremidade livre de uma mola helicoidal de constante elástica  $k = 8 \cdot 10^2 \text{ N/m}$ , como mostra a figura ao lado (situação A). Determine a energia potencial armazenada pelo sistema ao se distender a mola a 10 cm (situação B).



7. Um ciclista desce uma ladeira, com forte vento contrário ao movimento. Pedalando vigorosamente, ele consegue manter a velocidade constante. Pode-se então afirmar que a sua:
- a) energia cinética está aumentando;
  - b) energia cinética está diminuindo;
  - c) energia potencial gravitacional está aumentando;
  - d) energia potencial gravitacional está diminuindo;
  - e) energia potencial gravitacional é constante.
8. Um corpo de massa 1kg, inicialmente em repouso, é posto em movimento sob a ação de uma força e adquire, após percorrer 3,5 m, uma velocidade de 2 m/s. Determine o valor da força aplicada no corpo.

9. Uma jaca é libertada de uma altura de 10 m em relação ao solo. Sabendo que sua massa vale 5 kg e  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , determine sua energia cinética ao atingir o solo.

---

10. Um corpo de massa 3 kg é abandonado do repouso e atinge o solo com velocidade de 40 m/s. Determine a altura de que o corpo foi abandonado.

11. Uma força de 20N desloca, na mesma direção e sentido da força, um corpo de 4kg, em uma distância de 10m. O fenômeno todo ocorre em 5 segundos. Qual o módulo da potência realizada pela força?

12. (UFMG) Um elevador transporta 10 pessoas entre o 1º e o 10º andar de um edifício, em 10 s.

Se realizar a mesma tarefa em 20 s:

- a) realizará um trabalho duas vezes maior.
  - b) desenvolverá uma potência média duas vezes maior.
  - c) desenvolverá uma potência média duas vezes menor.
  - d) realizará um trabalho duas vezes menor.
  - e) desenvolverá a mesma potência média
-